



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 36 373 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 100 36 373.3  
㉔ Anmeldetag: 18. 7. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 14. 2. 2002

㉙ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 01 L 1/12**  
F 01 L 13/06  
F 02 D 13/06  
F 01 L 1/344  
F 01 L 13/02  
F 02 B 75/12

DE 100 36 373 A 1

㉚ Anmelder:  
Naumann, Herbert, 25335 Elmshorn, DE

㉛ Vertreter:  
Cichy, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 58256 Ennepetal

㉜ Erfinder:  
gleich Anmelder

㉞ Entgegenhaltungen:

DE-PS	3 69 394
DE	196 29 349 A1
US	56 66 913 A
US	48 36 155
US	45 72 118
US	33 69 532
EP	07 17 174 A1
EP	05 21 412 A1
WO	94 21 897 A1
WO	89 06 742 A1
JP	60-2 28 717 A
JP	60-1 84 911 A
JP	59-1 58 371 A
JP	55-0 91 714 A
JP	10-0 08 930 A
JP	08-1 09 812 A
JP	59-93 909 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉟ Hubventilsteuerungen

㊱ Die Erfindung bezieht sich auf mechanische, variable Hubventilsteuerungen, durch die mittels der Drehbewegung von Stößel aufweisenden Steuerwellen oder Schubstangen bei Einzelventilen oder Ventilgruppen während des Betriebes der Kraftmaschine für eine drosselfreie Laststeuerung oder eine Zylinderabschaltung die Ventilhublänge stufenlos von einer maximalen Hublänge bis auf ein kontinuierliches Schließen eingestellt werden kann, auf einfache Weise stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung vorgenommen werden können, wodurch Nockenwellenversteller ersetzt werden, und für die Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden kann, wobei die Stößel, selbst von Kipp- oder Schwinghebeln angetrieben, durch den Eingriff in weitere Kipp- oder Schwinghebel die Ventile entsprechend betätigen. Mittels mehrerer nebeneinander angeordneter Schwing- oder Kipphebel, die durch eigene, einander unterschiedliche Nocken angetrieben werden, können durch ihre mittels der durch die Hubventilsteuerungen erfolgenden, wechselseitigen Aktivierung Einzelventile oder Ventilgruppen über einen gemeinsamen oder über einzelne Schwing- oder Kipphebel betätigt werden, wodurch neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb eine Druckluftherzeugung und ein druckluftmotorischer Betrieb der Kraftmaschine ermöglicht wird.

DE 100 36 373 A 1

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf mechanische, variable Hubventilsteuerungen, durch die mittels der Drehbewegung von Stößel aufweisenden Steuerwellen oder mittels der Längsbewegung von Stößel aufweisenden Schubstangen bei Einzelventilen oder Ventilgruppen während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos von einer maximalen Hublänge bis auf ein kontinuierliches Schließen und auf eine kontinuierliche Öffnung eingestellt werden können, wobei die Stößel selbst von Kipp-, Schwing- oder Winkelhebeln angetrieben werden und hierdurch die Ventile über weitere Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel betätigen.

**[0002]** Mittels mehrerer nebeneinander angeordneter Kipp-, Schwing- oder Winkelhebel, die durch eigene, einander unterschiedliche Nocken angetrieben werden, können durch ihre mittels der durch die Hubventilsteuerungen erfolgenden wechselseitigen Aktivierung Einzelventile oder Ventilgruppen über einen gemeinsamen oder über einzelne Kipp-, Schwing- oder Winkelhebel betätigt werden, wobei mittels der Verstelleinrichtungen der Hubventilsteuerungen die Ventile mit unterschiedlichen Ventilhublängen und Ventilöffnungszeiten betätigt sowie auch Phasenverschiebungen der Ventilöffnungszeiten hergestellt werden können.

**[0003]** Darüber hinaus können durch die Hubventilsteuerungen die Ventilhublängen stufenlos von einer maximalen Hublänge bis auf ein kontinuierliches Schließen der Ventile und auch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden, deren Kipp-, Schwing- oder Winkelhebel über parallel geführte Kreiseingriffe miteinander in Verbindung stehen. Durch ein im parallel geführten Kreiseingriff erfolgreiches Verschwenken der Kipp-, Schwing- oder Winkelhebel mit ihren in die Nockenbahn eingreifenden Nockenrollen oder Kontaktflächen können auf einfache Weise stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung vorgenommen werden, wie diese in üblicher Weise mit aufwendigen Nockenwellenverstellern hergestellt werden.

**[0004]** Während die Mehrzahl der gemäß der Erfindung aufgeführten Hubventilsteuerungen auf übliche Weise durch Nocken angetrieben werden, bezieht sich die Erfindung auch auf Hubventilsteuerungen, die durch Kurbel- oder Exzenterwellen antrieben werden. Diese gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen besitzen die Eigenschaft, stufenlos die Ventilhublänge und hierbei gleichzeitig die Ventilöffnungszeit zu verändern, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile herzustellen.

**[0005]** Weiterhin ist ein Einsatz der Hubventilsteuerungen auch für den Antrieb von Einspritzpumpen insbesondere von Pumpe-Düse-Einspritzsystemen möglich, durch die in vorteilhafter Weise die Einspritzmengenregelung energiesparend mittels einer stufenlos erfolgenden Längenänderung des Pumpenhubes und der Einspritzdauer durchgeführt werden kann, wobei hierbei die Einspritzpumpen auch auf einen kontinuierlichen Stillstand des Pumpenkolbens etwa bei einem durch die Kraftmaschine erfolgenden Bremsvorgang eingestellt werden können und hierdurch Energie gespart und der Verschleiß der Einspritzsysteme vermindert wird. Bei den Einspritzpumpen kann durch die Hubventilsteuerungen auch eine stufenlose Verstellung der Einspritzpunkte vorgenommen werden.

**[0006]** Durch variable Ventilhublängen und Ventilöffnungszeiten sowie deren Phasenverschiebung, die durch die gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen ermöglicht werden, können bei nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Kraftmaschinen durch eine hierdurch erfolgende Anpassung des Ansaugvorganges, des Expansions-

vorganges und der hier nachfolgenden Ventilüberschneidung, an die Drehzahl- und Leistungsbereiche der Kraftmaschine angepasst, eine Verbesserung des Verbrennungsprozesses und eine Verminderung der Ladungswechselverluste herbeigeführt werden, wodurch der Treibstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß der Kraftmaschine vermindert werden.

**[0007]** Bei Ottomotoren wird eine weitere Verminderung des Treibstoffverbrauches und des Schadstoffausstoßes der Kraftmaschine mittels einer drosselfreien Laststeuerung erzielt, wobei die Einlassventile durch die gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen von einem kontinuierlichen Schließen stufenlos bis zu einer maximalen Ventilhublänge eingestellt werden können. Durch diese mögliche Einstellung der Einlassventile entfallen die in den Ansaugrohren für die Regulierung der Luftmenge angeordneten Drosselklappen, wodurch der den Wirkungsgrad der Kraftmaschine mindernde, durch die Drosselklappe erzeugte Strömungswiderstand im Ansaugrohr entfällt. Da bei den gemäß der Erfindung gestalteten, eine drosselfreie Laststeuerung herstellenden Hubventilsteuerungen für ihre Verstellung nur eine Drehbewegung auf eine Steuer- oder Schaltwelle zu übertragen ist, kann der Drehzahl- und Leistungsbereich der Kraftmaschine in einfacher Weise durch einen Bowdenzug, durch ein Gestänge, durch einen Stellmotor oder einen Stellzylinder eingestellt werden, wobei die Steuer- oder Schaltwelle über einen Bowdenzug oder über ein Gestänge von dem Fahrpedal direkt betätigt werden kann, während für den Einsatz eines Stellmotors oder eines Stellzylinders an dem Fahrpedal ein Signalgeber angeordnet ist, der für die Betätigung der Steuer- oder Schaltwelle den Stellmotor oder den Stellzylinder über ein Steuergerät einstellt.

**[0008]** Bei Ottomotoren mit einer direkten Treibstoffeinspritzung, bei denen eine Drosselklappe im Ansaugsystem entfallen kann, ist eine Reduzierung der Hublänge bei den Einlassventilen in den unteren Drehzahl- und Leistungsbereichen dadurch vorteilhaft, dass durch die hierbei erfolgende Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit der Ansaugluft in dem Zylinder eine verbesserte Verwirbelung des eingespritzten Treibstoffes bewirkt wird, wodurch der Verbrennungsprozess verbessert wird.

**[0009]** In den unteren Drehzahl- und Leistungsbereichen der Kraftmaschine wird mittels einer durch die Hubventilsteuerungen erfolgenden Abschaltung einzelner Einlassventile der Zylinder durch die hierbei während des Ladungswechsels erzielten höheren Geschwindigkeiten der Gasströme eine verbesserte Verwirbelung des Frischgases erzielt, wobei der Verbrennungsprozess verbessert wird und hierdurch der Treibstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß der Kraftmaschine vermindert werden.

**[0010]** Bei Kraftmaschinen mit einer höheren Zylinderanzahl können der Treibstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß der Kraftmaschine in den unteren Drehzahl- und Leistungsbereichen durch die Abschaltung einzelner Zylinder vermindert werden, wobei durch die Hubventilsteuerungen ein kontinuierliches Schließen aller Ventile der abzuschaltenden Zylinder eingestellt wird.

**[0011]** Durch eine wechselseitige Betätigung von Ventilen, die mit Ansaug- und Abgaskanälen unterschiedlicher Länge verbunden sind, kann die Kraftmaschine, den Gaschwingungen angepasst, über Ansaug- und Abgaskanäle verschiedener Länge betrieben werden, wobei die Ansaugkanäle und die Ventilteller auch unterschiedliche Durchmesser aufweisen können, wodurch der Gaswechsel der Kraftmaschine positiv beeinflusst wird.

**[0012]** Mittels der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen kann eine Erhöhung der Bremsleistung

einer Kraftmaschine durch eine unterschiedliche Betätigung der für den Gaswechsel eingesetzten Ventile der Kraftmaschine erzielt werden. Hierfür sind mehrere Arbeitsweisen und Ausführungsformen der Hubventilsteuerungen aufgeführt.

[0013] Eine Erhöhung der Bremsleistung einer Kraftmaschine kann mittels der Hubventilsteuerungen durch eine bei einer unterbrochenen Treibstoffzufuhr erfolgenden, verstärkten Verwirbelung der Ansaugluft und des Abgases dadurch hergestellt werden, dass einzelne Ventile eines Zylinders abgeschaltet, auf eine geringe Ventilhublänge oder auf eine kontinuierliche Öffnung bei einer geringen Ventilhublänge eingestellt werden. Durch eine Veränderung des Hubes der kontinuierlich geöffneten Ventile mit Unterstützung einer einstellbaren Drosselklappe im Abgassystem kann die Bremsleistung reguliert werden.

[0014] Pneumatisch oder hydraulisch angesteuerte Drosselventile, die im Zylinderkopf angeordnet werden, um mittels der Herstellung eines Bypasses zu den Auslassventilen eine erhöhte Bremsleistung der Kraftmaschine zu bewirken, werden in einfacher Weise dadurch ersetzt, dass ein oder mehrere Auslassventile eines Zylinders der Kraftmaschine durch die Hubventilsteuerungen während des Bremsbetriebes der Kraftmaschine kontinuierlich geöffnet werden, wobei hier die Bremsleistung durch eine stufenlose Einstellung der Ventilhublänge geregelt werden kann.

[0015] Eine weitere Arbeitsweise für die Herstellung einer erhöhten Bremsleistung bei nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Kraftmaschinen ist gemäß der Erfindung dadurch möglich, dass für die Betätigung der Auslassventile jedes Zylinders zwei wechselseitig einschaltbare Hubventilsteuerungen vorgesehen werden, über die für die Erzeugung einer Bremsleistung die Auslassventile durch zwei Erhebungen aufweisende Nocken angetrieben werden, so dass die Auslassventile sowohl während des Verdichtungsaktes als auch während des Ausschubtaktes geöffnet sind. Die Steuerung der Einlassventile erfolgt hierbei unverändert in der für den verbrennungsmotorischen Betrieb vorgesehenen Weise mittels eines Nockens mit einer Erhebung. Die erhöhte Bremsleistung der Kraftmaschine wird in der Weise erzielt, dass während des Ansaugtaktes das Einlassventil sich unverändert wie im verbrennungsmotorischen Betrieb öffnet, wodurch Luft aus dem Ansaugsystem angesaugt wird. Zu Beginn des Kompressiontaktes öffnet sich das Auslassventil, wodurch während des Kompressiontaktes die angesaugte Luft, den Kolben abbremmend, über eine Drosselklappe in das Abgassystem gepumpt wird. Während des Expansionsaktes sind alle Ventile geschlossen, wodurch in den Zylindern ein Unterdruck erzeugt wird. Zu Beginn des Ausstoßtaktes öffnet sich das Auslassventil, wodurch aus dem Abgassystem Luft in den einen verminderten Druck aufweisenden Zylinder zurückströmt, der Kolben hierdurch eine Gegenkraft erfährt und abgebremst wird, wonach diese Luft während des Ausstoßtaktes, den Kolben abbremmend, wieder über die Drosselklappe zurück in das Abgassystem gepumpt wird. Hierbei ist es auch möglich, die komprimierte Luft für eine Energierückgewinnung mittels eines durch Umsteuerventile regelbaren Rohrleitungssystems über ein Drossel- und Rückschlagventil in einen Druckluftbehälter zu leiten. Durch eine entsprechende, mittels der Hubventilsteuerungen vorgenommene Ventilsteuerung und eine entsprechende Schaltung des Rohrleitungssystems kann die im Druckluftbehälter befindliche Druckluft für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine eingesetzt werden.

[0016] Bei nach dem Viertaktverfahren arbeitenden, ein Fahrzeug antreibenden Kraftmaschinen kann die Bremsleistung und eine hierbei erfolgende Druckluftherzeugung annähernd verdoppelt werden, wenn die Bremsleistung durch

eine nach dem Zweitaktverfahren erfolgende Druckluftherzeugung hergestellt wird. Hierfür werden sowohl die Einlassventile als auch die Auslassventile über die entsprechend gesteuerten Hubventilsteuerungen wechselseitig von einander unterschiedlichen Nocken betätigt, wobei die Nocken, die für den nach dem Viertaktverfahren erfolgenden verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine eingesetzt sind, wie üblich nur eine Erhebung aufweisen, während die für die Bremsleistung eingesetzten Nocken zwei Erhebungen aufweisen. Bei der Erzeugung der Bremsleistung nach dem Zweitaktverfahren wird bei unterbrochener Kraftstoffzufuhr während jeder Kurbelwellenumdrehung über das Ansaugsystem von der Kraftmaschine Luft angesaugt und hiernach über eine Drosselklappe Energie vernichtend in das Abgassystem gepumpt, wenn keine Energierückgewinnung durch die Speicherung von Druckluft vorgesehen ist. Durch eine Veränderung der Ventilhublänge und der Einstellung der Drosselklappe des Abgassystems kann hierbei die Bremsleistung reguliert werden. Für eine Energierückgewinnung wird die von den Zylindern angesaugte und verdichtete Luft mittels eines Umsteuerventile aufweisenden Rohrleitungssystems anstatt in das Abgassystem über ein Drossel- und Rückschlagventil in einen Druckluftbehälter geleitet. Der Druckluftbehälter kann als Röhrenkessel ausgebildet sein, wobei mittels des durch die Röhren geleiteten Abgases und mittels einer Anordnung von Wärmetauschern des Kühl und Schmiersystems die im Druckluftbehälter befindliche Druckluft erhitzt wird und hierdurch eine Druckerhöhung der Druckluft während des verbrennungsmotorischen Betriebes der Kraftmaschine erfolgt.

[0017] Kompressoren und Turbolader im Ansaugsystem erhöhen die Bremsleistung und die Druckluftherzeugung der Kraftmaschine.

[0018] Die Druckluftherzeugung für den Druckluftbehälter kann zum einen mittels aller Zylinder einer Kraftmaschine durch eine Bremsleistung der Kraftmaschine während eines Haltevorganges oder während einer Bergabfahrt eines Fahrzeuges erfolgen und zum anderen durch eine Zylindergruppe der Kraftmaschine dann erfolgen, wenn die andere Zylindergruppe der Kraftmaschine sich im verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine befindet. Hierbei weisen die zwei Zylindergruppen der Kraftmaschine jeweils ein eigenes schaltbares Rohrleitungssystem auf, durch das eine Zylindergruppe im verbrennungsmotorischen Betrieb arbeiten und hierbei die andere Zylindergruppe antreiben kann, deren Hubventilsteuerungen die Ventile für eine Druckluftherzeugung betätigen und deren Rohrleitungssystem die erzeugte Druckluft über ein Drossel- und Rückschlagventil in einen Druckluftbehälter leitet. Die Herstellung der verbrennungsmotorisch erzeugten Druckluft kann in vorteilhafter Weise dann erfolgen, wenn die Kraftmaschine in einem unteren Leistungsbereich arbeitet, in dem ein nicht optimaler Wirkungsgrad vorhanden ist, wie etwa auch während eines Leerlaufbetriebes der Kraftmaschine.

[0019] Eine Einspeisung der Druckluft in den Druckluftbehälter ist auch über eine stationäre Druckluftanlage möglich.

[0020] Ein druckluftmotorischer Betrieb der Kraftmaschine mittels Druckluft aus dem Druckluftbehälter ist auch durch eine Einspritzung von flüssiger Luft mittels einer Speisepumpe aus einem isolierten Behälter des Fahrzeuges in den Druckluftbehälter möglich, wenn eine Zylindergruppe der Kraftmaschine verbrennungs- und die andere Zylindergruppe der Kraftmaschine druckluftmotorisch arbeitet. Hierbei wird die flüssige Luft in dem Druckluftbehälter durch die während des verbrennungsmotorischen Betriebes der Kraftmaschine in dem Druckluftbehälter erfolgende Wärmeabgabe vergast, wobei die Wärmeabgabe über die in

dem Druckluftbehälter angeordneten Wärmeableitungsrippen des Abgassystems, über Wärmetauscher des Kühl- und Schmiersystems und über eine Ladeluftkühlungseinrichtung erfolgen kann. Eine zusätzliche Erwärmung der flüssigen Luft in dem Druckluftbehälter kann auch durch die Umgebungswärme erfolgen, wobei für eine Verstärkung dieser Erwärmung der Druckluftbehälter außen Wärmeaufnahme-rippen aufweisen kann und eine etwaige Wärmeisolierung des Druckluftbehälters hierfür automatisch derart aufklappbar sein sollte, dass die Wärmeaufnahme-rippen von dem Fahrtwind umströmt werden können. Durch den Einsatz von flüssiger Luft lassen sich erhebliche Treibstoffeinsparungen und eine Reduzierung des Schadstoffausstoßes erzielen. Wird die flüssige Luft mittels elektrischer Energie durch Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen oder aus Solarenergie gewonnen, wird durch diesen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Umwelt geringer belastet. Die Betankung der Fahrzeuge mit flüssiger Luft ist unproblematisch und ein langfristiges Abstellen dieser Fahrzeuge auch in Tiefgaragen ist ungefährlich, da nur Luft über ein Überdruckventil in die Außenluft abgeblasen wird, wenn sich in den mit flüssiger Luft gefüllten, isolierten Behältern und in den Druckluftbehältern ein zu hoher Luftdruck durch eine mittels der Umgebungswärme erfolgenden Vergasung der flüssigen Luft einstellt.

**[0021]** Die Druckluft des Druckluftbehälters kann für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in vorteilhafter Weise dadurch Arbeit leistend entspannt werden, dass die Ventile der Kraftmaschine mittels einer durch die Hubventilsteuerungen erfolgenden Umsteuerung durch entsprechende zwei Erhebungen aufweisende Nocken angetrieben werden und hierdurch eine im Zweitaktverfahren erfolgende Entspannung der Druckluft erfolgt. Hierzu ist das mit Umsteuerventilen ausgerüstete Rohrleitungssystem entsprechend zu schalten.

**[0022]** Durch einen druckluftmotorischen Betrieb der einen Zylindergruppe der Kraftmaschine kann auch ein Anlassen der anderen Zylindergruppe der Kraftmaschine für einen verbrennungsmotorischen Betrieb erfolgen, wonach alle Zylinder der Kraftmaschine durch die Steuerung der Hubventilsteuerungen und der Rohrleitungssysteme auf einen verbrennungsmotorischen Betrieb geschaltet werden können.

**[0023]** Eine durch einen Bremsvorgang erfolgende oder auch durch einen verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine erfolgende Druckluftherzeugung sowie ein druckluftmotorischer Betrieb der Kraftmaschine kann durch ein entsprechend gesteuertes Rohrleitungssystem der Kraftmaschinen auch mehrstufig erfolgen.

**[0024]** Eine Speicherung der durch einen Bremsvorgang eines Fahrzeuges durch die Kraftmaschine selbst hergestellten Druckluft und der nachfolgende druckluftmotorische Betrieb der Kraftmaschine ist besonders bei Omnibussen, die auf Strecken mit einem kurzen Haltestellenabstand verkehren oder bei auf Bergstraßen verkehrenden Fahrzeugen vorteilhaft, wodurch neben einer Erhöhung der Sicherheit durch die hierbei erzielte verminderte Beanspruchung der Fahrzeugbremsen und ihren hierdurch erzielten geringeren Verschleiß auch eine erhebliche Reduzierung des Treibstoffverbrauches und des Schadstoffausstoßes dadurch erzielt wird, dass die durch die Bremsleistung der Kraftmaschine erzeugte Druckluft für Anfahrvorgänge des Fahrzeuges und die nach Bergabfahrten erzeugte Druckluft für den hier nachfolgenden Antrieb des Fahrzeuges genutzt werden kann.

**[0025]** Während eines Haltevorganges eines Fahrzeuges kann eine hohe Druckluftherzeugung dadurch erfolgen, dass mittels einer entsprechenden Getriebesteuerung die Kraft-

maschine, während die Fahrgeschwindigkeit sich vermindert, auf eine hohe Drehzahl solange gehalten wird, bis die durch die Kraftmaschine erzeugte Bremsleistung nicht mehr für den Haltevorgang ausreichend ist, wonach das Fahrzeug

mittels der Fahrzeugbremsen zum Halten gebracht wird.  
**[0026]** Der verbrennungs- und druckluftmotorische Hybridantrieb ist auch bei Schienenfahrzeugen und bei anderen Fahrzeugen vorteilhaft, die regelmäßig im Stop-and-go-Betrieb verkehren.

**[0027]** Der druckluftmotorische Betrieb der Kraftmaschine ist bei Linienbussen und Stadtfahrzeugen, die etwa Innenstadtbereiche mit einem hohen Fußgängeraufkommen durchfahren, in Hinblick auf den nicht vorhandenen Schadstoffausstoß für die Atemluft der Fußgänger vorteilhaft.

**[0028]** Weiterhin ist ein verbrennungs- und druckluftmotorischer Hybridantrieb etwa bei Arbeitsmaschinen, die sowohl in geschlossenen Räumen als auch im Außenbereich arbeiten vorteilhaft.

**[0029]** Die von den Zylindern der Kraftmaschine erzeugte und in dem Druckluftbehälter gespeicherte Druckluft kann auch bei einer Zwischenschaltung von Entwässerungseinrichtungen, Filtern und Druckreglern für das Bremssystem für die Luftfederung, für die Türbetätigung und für die Schaltsysteme der Fahrzeuge eingesetzt werden.

**[0030]** Durch eine durch die Hubventilsteuerungen erfolgende wechselseitige Umschaltung zweier entsprechend angeordneter Gruppen von Nocken kann eine im Viertaktverfahren arbeitende Kraftmaschine in beiden Drehrichtungen betrieben werden, welches besonders für Schiffsantriebsmaschinen vorteilhaft ist, da hierdurch das für eine Rückwärtsfahrt notwendige Wendegetriebe entfallen kann.

**[0031]** Gegenüber verbrennungs- und elektromotorischen Hybridantrieben ist ein verbrennungs- und druckluftmotorischer Hybridantrieb zumindest in Hinblick auf die Herstellungskosten kostengünstiger und Gewicht einsparender. Bei einer für einen verbrennungsmotorischen Betrieb ausgerüsteten Kraftmaschine sind gemäß der Erfindung in der Kraftmaschine für ihren druckluftmotorischen Betrieb nur zusätzliche Nocken auf den vorzusehenden Nockenwellen und zusätzliche, Schwing- und Stellhebel der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen mit den Steuerwellen und Verstelleinrichtungen vorzusehen. An der Kraftmaschine ist zusätzlich ein Rohrleitungssystem mit Umsteuerventilen vorzusehen, während an dem Fahrzeug ein Druckluftbehälter und gegebenenfalls ein isolierter Behälter für flüssige Luft mit einer Speisepumpe vorzusehen ist. Bei einem verbrennungs- und elektromotorischen Hybridantrieb sind zusätzliche Einrichtungen wie die schwergewichtige Batterie, ein oder mehrere Elektromotoren und etwa ein zusätzliches Überlagerungsgetriebe vorzusehen.

**[0032]** Gemäß der Erfindung erfolgt die durch die Hubventilsteuerungen und die Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme durchzuführende Einschaltung der unterschiedlichen Betriebsarten der Kraftmaschinen von Fahrzeugen durch ein mit einem Navigationssystem integrierten Steuergerät, wobei das Navigationssystem auch satelliten-gestützt sein kann, nach einer Aktivierung des Steuergerätes automatisch dadurch, dass nach einer Eingabe des Fahrzeuges in das Steuergerät eine Umschaltung der Kraftmaschine auf einen druckluftmotorischen oder einen kombinierten verbrennungs- und druckluftmotorischen Betrieb vor Bergabfahrten erfolgt, um für die während einer nachfolgenden Bergabfahrt durch die Bremsleistung der Kraftmaschine erzeugte Druckluft in den Druckluftbehältern des Fahrzeuges eine ausreichende Aufnahmekapazität bereitstellen zu können. Nach erfolgter Bergabfahrt wird der verbrennungsmotorische Betrieb der Kraftmaschine wieder automatisch eingeschaltet. Ebenso kann über ein Navigationssystem bei Li-

nienbussen und Stadtfahrzeugen eine automatische Umschaltung der Kraftmaschine auf einen druckluftmotorischen Betrieb erfolgen, bevor ein Stadtgebiet durchfahren wird, um hier einen schadstofffreien Betrieb der Kraftmaschine zu ermöglichen, wobei der verbrennungsmotorische Betrieb der Kraftmaschine wieder automatisch eingeschaltet wird, wenn das Stadtgebiet verlassen wird. In dem Steuergerät ist ein Rechner angeordnet, der das Gewicht und den Rollwiderstand des Fahrzeuges durch die Betriebsdaten der Kraftmaschine während eines Beschleunigungs- und Bremsvorganges ermittelt, wobei auch die Daten eines Steigungsmessgerätes eingesetzt werden. Der Rechner des Steuergerätes führt durch die ermittelten Daten eine Selbstprogrammierung durch und errechnet mittels der im Navigationssystem vorhandenen Daten die Drucklufterzeugung während der Bergabfahrten und vergleicht diese Daten mit den tatsächlichen Daten, wodurch der Rechner die im Navigationssystem vorhandenen Daten aktualisiert und für die neuen anfallenden Berechnungen speichert. Weiterhin ist der Rechner von außen programmierbar, wodurch z. B. aktualisierte Berechnungsdaten eingegeben werden können. [0033] Ausführungsbeispiele der Hubventilsteuerungen sind in den Zeichnungen dargestellt:

[0034] Fig. 1 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung mit einem die Ventile betätigenden Kipphebel, wobei der Kipphebel für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge sowie für ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile von einem in einer Steuerwelle axial beweglich gelagerten Stößel angetrieben und der Stößel selbst von einem Schwinghebel angetrieben wird.

[0035] Fig. 2 zeigt eine wechselseitig zuschaltbare Hubventilsteuerung, durch die der die Ventile antreibende Kipphebel der Fig. 1 für die Erzielung einer größeren Bremsleistung der Kraftmaschine über einen zweiten in der Steuerwelle axial beweglich gelagerten Stößel angetrieben und der Stößel selbst von einem Schwinghebel angetrieben wird, der über eine Stößelstange oder auch direkt von einem Nocken mit zwei Erhebungen angetrieben wird. Der Stößel der Fig. 1 ist hierbei deaktiviert.

[0036] Fig. 3 zeigt eine Hubventilsteuerung, die nach dem Prinzip der Hubventilsteuerung der Fig. 2 arbeitet, bei der, wenn keine Bremsleistung der Kraftmaschine beansprucht wird, der von dem Nocken direkt angetriebene Stößel aus dem Eingriffskreis des Nockens durch den Eingriff des Stößels der Hubventilsteuerung in einen mit dem Schwinghebel verbundenen Stellhebel gezogen wird. Hierbei sind der Schwinghebel, die Stößelstange und der von dem Nocken beaufschlagte Stößel auch in der Zugrichtung kraftschlüssig miteinander verbunden.

[0037] Fig. 4 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung für eine Veränderung der Ventilhublänge, der Ventilöffnungszeit, für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile, die mehrere jeweils von einem eigenen Nocken angetriebene Schwinghebel aufweist, wobei immer ein Schwinghebel über einen eigenen, in einer gemeinsamen Steuerwelle axial beweglich gelagerten Stößel einen gemeinsamen, mit einer Stößelstange verbundenen Schwinghebel dann antreibt, wenn die anderen von den Nocken beaufschlagten Schwinghebel über ihren Stößel keine oder nur eine abgeminderte Ventilhubbewegung auf den die Stößelstange antreibenden Schwinghebel übertragen, wodurch eine Umschaltung der Kraftmaschine auf einen Druckluftbetrieb oder eine Umsteuerung der Kraftmaschine erfolgen kann.

[0038] Fig. 5 und 6 zeigen jeweils einen von einem Schwinghebel angetriebenen und einen Kipphebel antrei-

benden Stößel, wobei der Stößel der Fig. 5 in einer hohlen Steuerwelle axial beweglich gelagert ist und für den Verstellvorgang von der hohlen Steuerwelle verschwenkt wird und der Stößel der Fig. 6 in einer massiven, in der hohlen Steuerwelle drehbar angeordneten Steuerwelle axial beweglich gelagert ist und für den Verstellvorgang von der massiven Steuerwelle verschwenkt wird. Für die Bewegungsfreiheit der beiden Stößel sind in beiden Steuerwellen Ausnehmungen angeordnet. Durch die Anordnung einer inneren und einer äußeren Steuerwelle können Raum sparend zwei unterschiedliche Steuervorgänge durch einen Steuerwellenstrang vorgenommen werden.

[0039] Fig. 7 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung mit einem die Ventile betätigenden Kipphebel, wobei der Kipphebel für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge sowie für ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile über einen in einer Schubstange axial beweglich gelagerten Stößel angetrieben und der Stößel selbst von einem Schwinghebel angetrieben wird.

[0040] Fig. 8 zeigt eine umschaltbare Hubventilsteuerung, durch die der die Ventile betätigende Kipphebel der Fig. 7 für die Erzielung einer größeren Bremsleistung der Kraftmaschine über einen zweiten in der Schubstange axial beweglich gelagerten Stößel angetrieben und der Stößel selbst von einem Schwinghebel angetrieben wird, der über eine Stößelstange oder auch direkt von einem Nocken mit zwei Erhebungen angetrieben wird. Der Stößel der Fig. 7 ist hierbei deaktiviert.

[0041] Fig. 9 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen Schwinghebel aufweist, auf dem ein mit einer Stößelstange verbundener Gleitschuh mittels Stellhebel für die Veränderung der Ventilhublänge und die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens sowie einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile in der Längsrichtung des Schwinghebels bewegt wird.

[0042] Fig. 10 zeigt einen Zwillingsrollenbock durch den der in Fig. 9 dargestellte Gleitschuh ersetzt werden kann.

[0043] Fig. 11 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen Schwinghebel aufweist, auf dem ein mit einer Stößelstange verbundener Stößel, der in einem Gleitschlitten axial beweglich gelagert ist, mittels eines Stellhebels für die Veränderung der Ventilhublänge und die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens sowie einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile in der Längsrichtung bewegt wird.

[0044] Fig. 12 zeigt einen im Gleitschlitten der Fig. 11 angeordneten Stößel, der Rollen aufweist und durch den die Stößelstange angetrieben wird.

[0045] Fig. 13 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen und einen die Ventile betätigenden Schwinghebel aufweist, wobei beide Schwinghebel auf einer gemeinsamen Achse gelagert sind und einen gelenkigen Kipphebel bilden. Um ein Drehmoment übertragen zu können, sind beide Schwinghebel durch einen mittels eines Stellhebels schwenkbaren Waagebalken in der Ventilbetätigungsrichtung kraftschlüssig verbunden, wodurch die Ventilhublänge verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0046] Fig. 14 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen und auf dem Gelenkpunkt eines auf einer Steuerwelle angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselementes gelagerten Schwinghebel aufweist, wobei durch eine Drehung der Steuerwelle ein auf der Nockenbahn verstellbarer Eingriff für eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetäti-

gung erzielt wird. Die Hubventilsteuerung weist einen Kipphebel auf, der in den Schwinghebel stufenlos verstellbar eingreift und hierdurch die Ventile mit einer unterschiedlichen Hublänge betätigt sowie ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile herstellt.

[0047] Fig. 15 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen Schwinghebel aufweist, wobei der Schwinghebel über eine Rolle, die mittels eines Stellhebels verstellbar ist, einen weiteren, die Ventile betätigenden Schwinghebel antreibt, wodurch eine Veränderung der Ventilhublänge, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0048] Fig. 16 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen und durch einen Stellhebel schwenkbaren Schwinghebel aufweist, wodurch ein auf der Nockenbahn verstellbarer Eingriff für die Herstellung einer stufenlosen Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erzielt wird. Die Hubventilsteuerung weist einen weiteren Schwinghebel auf, der von dem ersten Schwinghebel mittels eines verstellbaren Eingriffs angetrieben wird und hierdurch die Ventile betätigt, wodurch die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden.

[0049] Fig. 17, 18 und 19 zeigen eine nach dem Prinzip der in Fig. 16 dargestellten Hubventilsteuerung arbeitende Hubventilsteuerung in einer Raum sparenden Bauweise für den gleichzeitigen Antrieb von zwei Ventilen.

[0050] Fig. 20 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die einen von einem Nocken angetriebenen und durch einen Stellhebel schwenkbaren Schwinghebel aufweist, wodurch ein auf der Nockenbahn verstellbarer Eingriff für die Herstellung einer stufenlosen Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erzielt wird. Die Hubventilsteuerung weist einen Stößel auf, der von dem Schwinghebel mittels eines verstellbaren Eingriffs angetrieben wird, wodurch die Ventile mit einer stufenlos veränderlichen Ventilhublänge, einem kontinuierlichen Schließen und einer kontinuierlichen Öffnung betätigt werden können.

[0051] Fig. 21 und 22 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung für den gleichzeitigen Antrieb von zwei Ventilen, die einen von einem Nocken angetriebenen, durch einen Stellhebel schwenkbaren, bügelförmigen Schwinghebel aufweist, der über zwei Gelenkstäbe beiderseitig einen jeweils ein Ventil betätigenden Schwinghebel antreibt, wodurch eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung, eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0052] Fig. 23, 24 und 25 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung für den gleichzeitigen Antrieb von zwei Ventilen, bei der eine Achse, die durch ein von einer Kurbel- oder Exzenterwelle beaufschlagtes Pleuel angetrieben wird und hierdurch eine Schwingbewegung ausführt, zwei in die Kontaktflächen einer Steuerwelle eingreifende Rollen und eine mittige Rolle aufweist, die in die Kontaktfläche eines die Ventile betätigenden Schwinghebels eingreift, wobei durch eine Drehung der Steuerwelle die Öffnungsdauer der Ventile, gleichzeitig die Ventilhublänge verändert, ein kontinuierliches Schließen sowie eine, kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können und der Schwinghebel die Ventile über einen an dem Schwinghebel drehbar gelagerten Waagebalken betätigt.

[0053] Fig. 26 und 27 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, die nach dem Prinzip der in Fig. 23 und 24 dargestellten Hubventilsteuerung arbeitet,

bei der statt der Steuerwelle ein axial verstellbarer Gleitstein mit den entsprechenden Kontaktflächen angeordnet ist.

[0054] Fig. 28 und 29 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung für den Antrieb von Ventilen, bei der eine Achse, die durch ein von einer Kurbel- oder Exzenterwelle beaufschlagtes Pleuel angetrieben wird und hierdurch eine Schwingbewegung ausführt, zwei in die Kontaktflächen einer Steuerwelle eingreifende Rollen und eine mittige Rolle aufweist, die in die Kontaktfläche eines die Ventile betätigenden Stößels eingreift, wobei durch eine Drehung der Steuerwelle die Öffnungsdauer der Ventile und gleichzeitig die Ventilhublänge verändert werden sowie ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können.

[0055] Fig. 30-33 zeigen Schaltpläne von Rohrleitungssystemen, durch die mittels einer entsprechenden Steuerung der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen und eines Umsteuerventile aufweisenden Rohrleitungssystems Kraftmaschinen neben ihrem verbrennungsmotorischen Betrieb für eine einstufige Druckluftherzeugung und einen einstufigen druckluftmotorischen Betrieb eingesetzt werden können.

[0056] Fig. 34 und 35 zeigen Schaltpläne von Rohrleitungssystemen, durch die mittels einer entsprechenden Steuerung der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen und eines Umsteuerventile aufweisenden Rohrleitungssystems Kraftmaschinen neben ihrem verbrennungsmotorischen Betrieb für eine zweistufige Druckluftherzeugung und einen zweistufigen druckluftmotorischen Betrieb eingesetzt werden können.

[0057] Fig. 36 zeigt einen Schaltplan von einem Rohrleitungssystem, durch das mittels einer entsprechenden Steuerung der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen und eines Umsteuerventile aufweisenden Rohrleitungssystems Kraftmaschinen für eine dreistufige Druckluftherzeugung und einen dreistufigen druckluftmotorischen Betrieb eingesetzt werden können.

[0058] Fig. 1 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch welche auf mechanische Weise während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und ein kontinuierliches Öffnen der Ventile hergestellt werden können.

[0059] Für die Betätigung der Ventile 1 weist die Hubventilsteuerung einen Kipphebel 2 auf, der an seinem rechten Hebelende die Kontaktfläche 3 für die Betätigung der Ventile 1 und an seinem linken Hebel eine kreisförmig nach innen gewölbte und nach unten gerichtete Kontaktfläche 4 aufweist. Unter dem Kipphebel 2 ist ein Schwinghebel 5 angeordnet, der eine kreisförmig nach innen gewölbte, nach oben gerichtete Kontaktfläche 6 aufweist und unter dem Drehgelenk 7 des Kipphebels 2 das Drehgelenk 8 besitzt. Der Schwinghebel 5 wird an seinem linken Hebelende von einer Stößelstange 9 angetrieben, wobei der Kipphebel 2 gemäß der Erfindung von dem Schwinghebel 5 über einen Stößel 10 angetrieben wird, der in einer Steuerwelle 11 quer zur Längsachse der Steuerwelle 11 längsbeweglich gelagert ist, wobei die Längsachse der Steuerwelle 11 parallel zu den Drehachsen des Kipphebels 2 und Schwinghebels 5 verläuft. Der Schwinghebel 5 kann auch über eine Nockenrolle oder direkt von einem Nocken oder von anderen Antriebs-einrichtungen angetrieben werden. Um die Baugröße der Hubventilsteuerung gering zu halten, ragt der mittig in der Steuerwelle 11 angeordnete Stößel 10, wenn die Ventile 1 nicht betätigt sind, auf der Seite des ihn antreibenden Schwinghebels 5 mit der Länge aus der Steuerwelle 11, die für seine größte Axialbewegung erforderlich ist, während der Stößel 10 auf der Seite des von ihm angetriebenen Kipp-

hebels 2 nur mit einer konstruktiv notwendigen Länge aus der Steuerwelle 11 ragt. Hierbei ist die Radiuslänge der Kontaktfläche 4 des Kipphebels 2 entsprechend kürzer als die Radiuslänge der Kontaktfläche 6 des Schwinghebels 5. Sind die Ventile 1 geschlossen und ist die Kontaktfläche 4 des Kipphebels 2 zu den Ventilen 1 etwa durch einen Spion in dem Abstand des vorgegebenen Ventilspiels gehalten, verlaufen die Kontaktflächen 4 und 6 konzentrisch um die Drehachse der Steuerwelle 11, so dass der Stößel 10 in dem Verstellbereich von der maximalen Ventilhublänge bis zu dem kontinuierlichen Schließen mit seiner Kontaktfläche spielfrei auf den Kontaktflächen 4 und 6 gleitet, ohne hierbei eine Hubbewegung der Ventile 1 zu bewirken, wodurch bei einem vorhandenen Ventilspiel das Ventilspiel in diesem Verstellbereich konstant bleibt. Der Stößel 10 greift in die Kontaktfläche 6 des Schwinghebels 5 ein und überträgt die hier empfangene Schwingbewegung durch den Eingriff in die Kontaktfläche 4 auf den Kipphebel 2. Um die Länge des Ventilhubes zu verändern, wird die Steuerwelle 11 in Drehung versetzt, wodurch sich die Eingriffspunkte des Stößels 10 in einander entgegengesetzter Richtung auf den Kontaktflächen 4 und 6 zu den Drehgelenken 7 und 8 des Kipphebels 2 und des Schwinghebels 5 bewegen. Durch die einander entgegengesetzt gerichteten Bewegungen der Eingriffspunkte des Stößels 10 auf den Kontaktflächen 4 und 6 sowie durch die in einem Drehwinkelabstand von etwa 90° um die Drehachse der Steuerwelle 11 angeordneten Drehgelenke 7 und 8 des Kipphebels 2 und des Schwinghebels 5 werden die wirksamen Hebel gegensätzlich in ihrer Länge verändert, wodurch für die Veränderung der Ventilhublänge von der maximalen Größe bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 1 nur ein kleiner Verstellwinkel der Steuerwelle 11 benötigt wird.

[0060] Der Verstellwinkel der Steuerwelle 11 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Eingriffspunkt des Stößels 10 auf der Kontaktfläche 4 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird die Ventilhublänge verkürzt. Hierbei sind in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 1 eingestellt. In dem Bereich des Stellpunktes C schließt sich auf dem Schwinghebel 5 an die Kontaktfläche 6 eine nach außen gewölbte, kreisbogenförmige Kontaktfläche 12 an, deren Kreismittelpunkt in der Drehachse des Drehgelenkes 8 des Schwinghebels 5 liegt, wobei bei dem hier erfolgenden Eingriff des Stößels 10 keine Axialbewegung auf den Stößel 10 in der Steuerwelle 11 übertragen wird und somit ein kontinuierliches Schließen der Ventile 1 eingestellt ist. An die Kontaktfläche 12 des Schwinghebels 5 schließt sich eine auf dem die Drehgelenke 7 und 8 aufweisenden Achshalter 13 angeordnete, nach innen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle 11 verlaufende Kontaktfläche 14 an, auf welche die Kontaktfläche des Stößels 10 gestellt wird, um bei einem eingestellten kontinuierlichen Schließen der Ventile 1 die durch die Schwingbewegung des Schwinghebels 5 hervorgerufene Gleitreibung zu vermeiden. In dem Bereich des Stellpunktes D schließt sich an die Kontaktfläche 14 auf dem Achshalter 13 eine weitere nach innen gewölbte Kontaktfläche 15 an, deren Radiuslänge geringer als die Radiuslänge der Kontaktfläche 14 ist, wodurch, wenn der Stößel 10 mit seiner Kontaktfläche auf die Kontaktfläche 15 gleitet, der Stößel 10 eine axiale Bewegung in der Steuerwelle 11 ausführt und die Ventile 1 mittels des Kipphebels 2 kontinuierlich öffnet. Die Kontaktflächen 14 und 15 können auch als Gleitstein in dem Achshalter 13 eingesetzt sein. Die Herstellung eines kontinuierlichen Ventilhubes kann auch durch eine auf dem Kipphebel 2, an dem äußeren Ende der

Kontaktfläche 4 angeordnete Stellnase 16 allein oder gemeinsam mit der Kontaktfläche 15 erfolgen. Verlaufen die Kontaktfläche 15 und die Kontaktfläche der Stellnase 16 spiralförmig sich der Drehachse der Steuerwelle 11 annähernd, kann durch ein Verstellen der Stößel 10 auf der Kontaktfläche 15 und auf der Stellnase 16 die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung stufenlos variiert werden.

[0061] Da mit sich verkleinernder Ventilhublänge die von der Ventillfeder 17 erzeugte Kraft auf den Schwinghebel 5 mit einem sich verringernden Drehmoment übertragen wird und da ab einer Ventilhublänge kein ausreichendes Drehmoment auf den Schwinghebel 5 übertragen wird, wodurch der Schwinghebel 5, die Stößelstange 9 und der von dem Nocken direkt angetriebene Stößel 10 den von dem Nocken vorgegebenen Bewegungen folgen kann, wird der Schwinghebel 5 von einer Rückstellfeder 18 derart beaufschlagt, dass ein ausreichendes Drehmoment auf den Schwinghebel 5 ausgeübt wird und hierdurch der Schwinghebel 5, die Stößelstange 9 und der von dem Nocken direkt angetriebene Stößel 10 den von dem Nocken vorgegebenen Bewegungen folgen kann.

[0062] Der Stößel 10 kann als Ventilspielausgleichselement ausgebildet sein, wobei ein als hydraulisches Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildeter Stößel 10 über eine axiale Bohrung 19 in der Steuerwelle 11 mit dem erforderlichen Drucköl z. B. aus dem Schmiersystem der Kraftmaschine versorgt werden kann.

[0063] Der Schwinghebel 5 und der Kipphebel 2 können auch als Winkelhebel ausgeführt werden, wobei an dem Schwinghebel 5 ein Hebelarm angeordnet wird, der von der Stößelstange 9 oder anderen Einrichtungen in die entsprechende Richtung beaufschlagt wird und der Kipphebel 2 im Bereich seines Drehgelenkes 7 abgewinkelt ist und Ventile 1 betätigt, deren Längsachse in einer entsprechend anderen Richtung verlaufen.

[0064] Die Steuerwelle 11 kann durch einen elektrischen oder hydraulischen Steuermotor angetrieben werden, wobei hierfür auch Stellzylinder eingesetzt werden können, die über einen Hebel auf die Steuerwelle 11 eine Drehbewegung übertragen. Durch die Anordnung einer Rückstellfeder an der Steuerwelle 11 können bei einem Energieausfall die Steuerwelle 11 der Hubventilsteuerungen auf eine für den Antriebsbetrieb der Kraftmaschine geeignete Position gestellt werden.

[0065] Fig. 2 zeigt eine wechselseitig zu der Hubventilsteuerung der Fig. 1 zuschaltbare, für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung der Kraftmaschine vorgesehene Hubventilsteuerung, die, nachdem die den Kipphebel 2 im Verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine antreibenden Antriebs Elemente der Fig. 1 deaktiviert sind, durch ihre auch während des Betriebes der Kraftmaschine mögliche Aktivierung den Kipphebel 2 antreiben. Bei den nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Kraftmaschinen wird die Bremsleistung dadurch erhöht, dass über die Hubventilsteuerungen die Einlass- und die Auslassventile Nocken mit zwei Erhebungen angetrieben werden, wodurch mittels der Hubventilsteuerungen die Ansaugluft im Zweitaktverfahren in ein gedrosseltes Abgassystem oder über ein Drossel- und Rückschlagventil in einen Druckluftbehälter gepumpt wird und hierdurch die Bremsleistung einer Kraftmaschine verdoppelt werden kann.

[0066] Die wechselseitig zuschaltbare Hubventilsteuerung weist einen von einer Stößelstange 20 angetriebenen Schwinghebel 21 auf, dessen Drehgelenk 22 zu den Drehgelenken 7 und 8 des in der Fig. 1 dargestellten Kipphebels 2 und Schwinghebels 5 auf der gegenüberliegenden Seite der Stößelstange 20 angeordnet ist. Der Schwinghebel 21 kann auch sowohl von einem Nocken direkt als auch über eine

Nockenrolle oder von anderen Antriebseinrichtungen angetrieben werden. Der Schwinghebel 21 greift über einen in der Steuerwelle 11 der Fig. 1 gelagerten Stößel 23 in eine mittels einer Verbreiterung bereitgestellte, kreisförmig bei geschlossenen Ventilen 1 um die Drehachse der Steuerwelle 11 verlaufende Kontaktfläche 24 des Kipphebels 2 der Fig. 1 ein und betätigt hierdurch die Ventile 1 der Fig. 1 an, wobei der Stößel 10 der Fig. 1 etwa in den Stellpunkt C gestellt ist, wo der Kipphebel 2 nicht durch den Stößel 10 angetrieben wird. Bei dieser Funktionsweise sind die Kontaktfläche 15 auf dem Achshalter 13 der Fig. 1 und die Stellnase 16 auf dem Kipphebel 2 nicht vorhanden, da hier eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 1 nicht vorgesehen ist. Der Stößel 10 ist durch den Eingriff seiner oberen Kontaktfläche in die Kontaktfläche 25 des das Drehgelenk 22 des Schwinghebels 21 aufweisen Achshalters 26 gegen ein Herausfallen aus der Steuerwelle 11 gesichert. Die feststehende Kontaktfläche 25 des Achshalters 26 weist wie die Kontaktfläche 24 des Kipphebels 2 eine kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle 11 verlaufende Formgebung auf, so dass der Stößel 10 durch einen gleitenden Eingriff von der Kontaktfläche 4 des Kipphebels 2 auf die Kontaktfläche 25 des Achshalters 26 keine axialen Bewegungen in der Steuerwelle 11 ausführt. Die Längsachsen der beiden Stößel 10 und 23 sind zueinander um einen Drehwinkel  $\alpha$  versetzt angeordnet, wobei sich deren Längsachsen in der Drehachse der Steuerwelle 11 schneiden. Auf dem Schwinghebel 21 schließt sich an die kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche 27 die nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Drehgelenkes 22 des Schwinghebels 21 verlaufende Kontaktfläche 28 an. Wird die Bremsleistung der Kraftmaschine nicht mehr benötigt, wird der Stößel 23 durch eine im Uhrzeigersinn erfolgende Drehung der Steuerwelle 11 dadurch deaktiviert, dass die untere Kontaktfläche des Stößels 23 auf die Kontaktfläche 28 des Schwinghebels 21 gestellt wird, wobei durch die hier nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Drehgelenkes 22 verlaufende Formgebung der Kontaktfläche 28 der Stößel 23 bereits am Beginn der Kontaktfläche 28 keine axiale Bewegung in der Steuerwelle 11 ausführt. Um die sich aus der Schwingbewegung des Schwinghebels 21 ergebende Gleitreibung zu vermeiden, wird der Stößel 23 durch eine weitere Drehung der Steuerwelle 11 mit seiner unteren Kontaktfläche auf die feststehende Kontaktfläche 29 des Achshalters 26 gestellt. Hierbei verlässt der Stößel 23 mit seiner oberen Kontaktfläche die Kontaktfläche 24 des Kipphebels 2 und stellt sich auf die feststehende Kontaktfläche 30 des Achshalters 13, wodurch der Stößel 23 gegen ein Herausfallen aus der Steuerwelle 11 gesichert wird. Durch diese Drehung der Steuerwelle 11 wird der Stößel 10 der Fig. 1 aktiviert.

[0067] Ist der Stößel 23 deaktiviert, führt der Schwinghebel 21 die von dem Nocken über die Stößelstange 20 auf ihn übertragenen Bewegungen mit Hilfe der Rückstellfeder 31 aus.

[0068] Fig. 3 zeigt eine Hubventilsteuerung mit der Funktionsweise der Fig. 2, bei der die in der Fig. 2 angeordnete Rückstellfeder 31 dadurch entfallen kann, dass durch eine Drehung der Steuerwelle 11 der Fig. 1 im Uhrzeigersinn der Stößel 32 mit seiner oberen Kontaktfläche von der Kontaktfläche 24 des Kipphebels 2 auf die spiralförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche 33 des Achshalters 13 und gleichzeitig mit seiner unteren Kontaktfläche von der Kontaktfläche 34 des Schwinghebels 35 auf die ebenfalls spiralförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche 36 eines mit dem Schwinghebel 35 verbundenen Stellhebels 37 gestellt wird. Indem sich die Kontaktflächen 33 und 36 in dieser Verstellrichtung der Drehachse der Steuerwelle 11 annähern, wird der Stößel 32 in der Steuerwelle 11 in der Richtung bewegt,

dass der Schwinghebel 35 mittels der hierdurch auf ihn übertragenen Drehbewegung den direkt von dem Nocken 38 beaufschlagten Stößel 39 über die Stößelstange 40, die mit dem Schwinghebel 35 und dem von dem Nocken 38 direkt beaufschlagten Stößel 39 auch in der Zugrichtung verbunden ist, aus dem Eingriffskreis des Nockens 38 zieht. Hierdurch deaktiviert sich der Schwinghebel 35, wodurch auf die in der Fig. 2 dargestellte Rückstellfeder 31 verzichtet werden kann.

[0069] Mittels eines Stellarmes 37 können auch von Nocken direkt angetriebene Schwing- oder Kipphebel aus dem Eingriffskreis der Nocken bewegt werden.

[0070] Fig. 4 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt und durch einen wechselseitigen Antrieb der Hubventilsteuerung durch unterschiedliche Nocken die Ventile in unterschiedlichen Steuerprogrammen betätigt werden können.

[0071] Die Ventile der Kraftmaschine werden von drei durch die Hubventilsteuerung wechselseitig aktivierbaren Nocken 41, 42 und 43 betätigt, wodurch unterschiedliche Bewegungsabläufe auf die Ventile übertragen werden können. Hierbei treibt jeder Nocken 41, 42 und 43 einen eigenen, unteren Schwinghebel 44, 45 oder 46 an, wobei der Nocken 41 den Schwinghebel 44, der Nocken 42 den Schwinghebel 45 und der Nocken 43 den Schwinghebel 46 antreibt. Es können zwei oder auch mehrere Nocken mit ihren zugehörigen Schwinghebeln angeordnet werden. Die Schwinghebel 44, 45 und 46 können von den Nocken 41, 42 und 43 direkt oder über Nockenrollen 47 angetrieben werden. Die Schwinghebel 44, 45 und 46 besitzen eine kreisförmige Kontaktfläche 48, wobei in die Kontaktfläche 48 des Schwinghebels 44 der Stößel 49, in die Kontaktfläche 48 des Schwinghebels 45 der Stößel 50 und in die Kontaktfläche 48 des Schwinghebels 46 der Stößel 51 mit ihrer einen Kontaktfläche eingreifen. Die Stößel 49, 50 und 51 sind in der Steuerwelle 52 axial beweglich gelagert, wobei die Längsachsen der Stößel 49, 50 und 51 die Drehachse der Steuerwelle 52 durchlaufen und zueinander um den Drehwinkel  $\beta$  zueinander versetzt in der Steuerwelle 52 angeordnet sind. Hierbei können die Drehwinkel  $\beta$  auch eine unterschiedliche Größe aufweisen. Mit ihrer anderen Kontaktfläche greifen die Stößel 49, 50 und 51 wechselseitig in die zu den Kontaktflächen 48 der Schwinghebel 44, 45 und 46 entgegengerichtete Kontaktfläche 54 des Schwinghebels 53 ein, wobei die Betätigung der in dem Zylinderkopf angeordneten Ventile nur über eine einen Kipp- Schwing- oder Winkelhebel antreibende Stößelstange 55 erfolgt.

[0072] Die Schwinghebel 44, 45 und 46 weisen in dem Bereich ihres Drehgelenkes 56 eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Drehgelenkes 56 verlaufende Kontaktfläche 57 auf, wobei hier als Fortsetzung der Kontaktfläche 57 auf dem Achshalter 59, der die Lagerung der zu den Schwinghebeln 44, 45 und 46 gehörenden Drehgelenke 56 sowie des zu dem Schwinghebel 53 gehörenden Drehgelenkes 58 aufweist, eine nach innen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle 52 verlaufende Kontaktfläche 60 angeordnet ist. Der Schwinghebel 53 weist eine sich an die Kontaktfläche 54 über eine s-förmige Kontaktfläche 61 anschließende Kontaktfläche 62 auf, die nach innen gewölbt, kreisförmig in dem Radius der sich an die Kontaktfläche 62 anschließenden Kontaktfläche 60 des Achshalters 58 verläuft. In dem Bereich der Kontaktflächen 57, 60 und 62 führen die hier eingreifenden Stößel 49, 50 und 51 keine axiale Bewegung aus. Während eines kontinuierlichen Schließens der Ventile sind während des Be-

triebes der Kraftmaschine die unteren Kontaktflächen der Stößel 49, 50 und 51 auf die Kontaktfläche 60 gestellt, um die sich durch die Schwingbewegung der Schwinghebel 44, 45 und 46 ergebende Gleitreibung zu vermeiden. Gleichzeitig wird durch den Eingriff der unteren Kontaktflächen der Stößel 49, 50 und 51 ein Herausfallen der Stößel 49, 50 und 51 aus der Steuerwelle 52 verhindert, wobei die oberen Kontaktflächen der Stößel 49, 50 und 51 durch an dem Halter 63 befestigte Blattfedern 64 gesichert sind. Die Blattfedern 64 sind an ihren Enden derart geformt, dass ein Hinauf- und Hinuntergleiten der Stößel 49, 50 und 51 zwischen den Blattfedern 64 und den Kontaktflächen 48 und 54 der Schwinghebel 44, 45, 46 und 53 sowohl während des Betriebes der Kraftmaschine als auch während ihres Stillstandes gewährleistet ist.

[0073] Um die Anordnung der Blattfedern 64 zu umgehen, können die Stößel 41, 42 und 43 durch an den Enden der Stößel 49, 50 und 51 angeordnete Sicherungsstifte gehalten sein.

[0074] Für den Antriebsbetrieb der Kraftmaschine können durch eine entsprechende Gestaltung und Anordnung der Nocken 41, 42 und 43 eine Veränderung der Ventilhublänge, der Ventilöffnungsdauer und deren Phasenverschiebung erzielt werden. Werden alle drei Nocken 41, 42 und 43 für den Antriebsbetrieb der Kraftmaschine eingesetzt, wird, um durch eine Drehbewegung der Steuerwelle 52 eine weitgehend kontinuierliche Verlängerung des Hubes und der Öffnungsdauer der Ventile zu erzielen, der Stößel 49 über den Schwinghebel 44 von dem Nocken 41 mit der kleinsten Hublänge und der kürzesten Öffnungsdauer, der Stößel 50 über den Schwinghebel 45 von dem Nocken 42 mit einer mittleren Hublänge und Öffnungsdauer sowie der Stößel 51 über den Schwinghebel 46 von dem Nocken 43 mit der größten Hublänge und der längsten Öffnungsdauer angetrieben. Durch diese Anordnung wird durch eine Drehung der Steuerwelle 52 im Uhrzeigersinn der Ventilhub neben einer nacheinander erfolgenden Aktivierung entsprechender Nocken auch dadurch verlängert, dass die Stößel 49, 50 und 51 sich mit ihrer einen Kontaktfläche von der Kontaktfläche 60 nacheinander über die Kontaktflächen 57 auf die Kontaktflächen 48 der Schwinghebel 44, 45 und 46 stellen und sich hierbei auf den Schwinghebeln 44, 45 und 46 von dem Drehgelenk 56 der Schwinghebel 44, 45 und 46 entfernen sowie sich mit ihrer anderen Kontaktfläche auf die Kontaktfläche 54 des Schwinghebels 53 stellen und sich hierbei auf dem Schwinghebel 53 dem Drehgelenk 58 des Schwinghebels 53 annähern.

[0075] Werden hier auch die maximalen Erhebungspunkte der Nocken 41, 42 und 43 auf der Nockenwelle 65 um einen Drehwinkel versetzt angeordnet, können Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung erfolgen.

[0076] Um mittels dieser Hubventilsteuerung eine kontinuierliche Öffnung der Ventile einzustellen, wird die von dem Stößel 49 beaufschlagte Kontaktfläche 60 mit einer Stellnase versehen, wobei die Stößelstange 55 über einen entsprechend verlängerten Schwinghebel 53 betätigt wird und die Ventile kontinuierlich geöffnet werden, wenn der Stößel 49 auf die Stellnase der Kontaktfläche 60 gestellt wird. Der Stößel 49 ist für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile vorgesehen, da dieser mit der kleinsten Hublänge als letzter auf die Kontaktfläche 60 gestellt wird.

[0077] Für die Herstellung einer Bremsleistung, die durch eine Drucklufterzeugung nach dem Zweitaktverfahren erfolgt, werden bei einer nach dem Viertaktverfahren im verbrennungsmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine die Einlass- und die Auslassventile für die Bremsleistung jeweils von einem Nocken 41 mit zwei Erhebungen und für

den verbrennungsmotorischen Betrieb jeweils von einem Nocken 42 mit einer Erhebung betätigt, wobei die Nocken 41 und 42 mittels der Hubventilsteuerungen wechselseitig aktiviert werden. Werden ein Druckbehälter für die Speicherung der durch die Bremsleistung erzeugten Druckluft und auch ein hierdurch ermöglichter druckluftmotorischer Betrieb der Kraftmaschine vorgesehen, werden die Einlass- und die Auslassventile für einen nach dem Zweitaktverfahren erfolgenden druckluftmotorischen Betrieb dieser Kraftmaschine durch einen weiteren, ebenfalls zwei Erhebungen aufweisenden Nocken 43 betätigt, wobei der Nocken 43 nach der durch die Hubventilsteuerungen erfolgenden Deaktivierung der Nocken 41 und 42 durch die Hubventilsteuerungen aktiviert wird.

[0078] Weiterhin kann durch eine wechselseitige Aktivierung zweier Nocken 41 und 42 durch die Hubventilsteuerungen eine Umsteuerung von im Viertaktverfahren arbeitenden Kraftmaschinen hergestellt werden, wobei etwa bei Schiffsantriebsmaschinen das für eine Rückwärtsfahrt notwendige Wendegetriebe entfallen kann.

[0079] Wenn eine minimale Ventilhublänge oder eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt ist, wird die von den Ventildfedern erzeugte Anpresskraft von der Stößelstange 55 über den Schwinghebel 53 und die Stößel 49, 50 und 51 nicht oder zu stark abgeschwächt auf die Schwinghebel 44, 45 und 46 übertragen. Um hierbei den Schwinghebeln 44, 45 und 46 zu ermöglichen, den von den Nocken 41, 42 und 43 erzeugten Bewegungen zu folgen, ist an jedem Schwinghebel 44, 45 und 46 eine Rückstellfeder 66 angeordnet. Nach dem Prinzip der Hubventilsteuerung gemäß Fig. 3 können die Schwinghebel 44, 45 und 46 Stellarme aufweisen, wodurch die Nockenrollen 47 der Schwinghebel 44, 45 und 46 durch einen mittels der Stößel 49, 50 und 51 in die Stellarme erfolgenden Eingriff aus dem Eingriffskreis der Nocken 41, 42 und 43 gestellt werden.

[0080] Die Stößel 49, 50 und 51 können als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet sein, wobei die als hydraulisches Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildeten Stößel 49, 50 und 51 über eine axiale Bohrung 67 in der Steuerwelle 52 mit dem erforderlichen Drucköl versorgt werden können.

[0081] Es können auch mehrere die Ventile über eine Stößelstange oder direkt betätigende Schwinghebel 53 angeordnet werden, die von einem eigenen Stößel 49, 50 oder 51 angetrieben werden, wodurch nacheinander Ventile mit einer sich vergrößernden Ventilhublänge und unterschiedlichen Öffnungszeiten betätigt werden können.

[0082] Die Hubventilsteuerung der Fig. 4 kann auch in einem Zylinderkopf eingesetzt werden. Hierzu wird die Hubventilsteuerung über Kopf angeordnet, wobei der Schwinghebel 53 direkt ein oder mehrere Ventile antreibt. Ist hierbei ein kontinuierliches Schließen oder eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt, legen sich die von den Nocken 41, 42 und 43 direkt angetriebenen Schwinghebel 44, 45 und 46 mit ihren Nockenrollen 47 von den Nocken 41, 42 und 43 sowie durch die Schwerkraft angetrieben auf der Steuerwelle 52 ab, so dass die Nockenrollen 47 der Schwinghebel 44, 45 und 46 aus dem Eingriffsbereich der Nocken 41, 42 und 43 gestellt sind und hierdurch auf die Anordnung von Rückstellfedern 66 verzichtet werden kann.

[0083] Fig. 5 und 6 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung mit einer Doppelsteuerwelle 68169, durch die zwei Gruppen von Ventilen 70, in Fig. 5 dargestellt, und 71, in Fig. 6 dargestellt, unabhängig voneinander während des Betriebes der Kraftmaschine derart gesteuert werden, dass nach einem kontinuierlichen Schließen aller Ventile 70 und 71 z. B. zuerst die Ventile 70 der ersten Gruppe mit einer sich stufenlos vergrößernden Hublänge

geöffnet werden, wonach ab einer vorgegebenen Hublänge der ersten Gruppe die Ventile 71 der zweiten Gruppe mit einer sich stufenlos vergrößernden Hublänge geöffnet werden. Diese Steuerungsart läßt sich sowohl bei den Einlassventilen als auch bei den Auslassventilen in vorteilhafter Weise einsetzen.

[0084] Bei Kraftmaschinen mit mehreren Einlassventilen wird durch diese Hubventilsteuerung eine drosselfreie Laststeuerung in vorteilhafter Weise dadurch ermöglicht, dass bei der Inbetriebnahme, im Leerlauf und unteren Drehzahlbereich der Kraftmaschine nur ein Einlassventil oder nur eine erste Gruppe von Einlassventilen 70 mit einer angepassten Hublänge geöffnet werden und durch die hier stattfindende, verstärkte Verwirbelung der in den Zylinder strömenden Ansaugluft insbesondere bei niedrigen Temperaturen ein besseres Startverhalten, bei allen vorkommenden Temperaturen eine Absenkung der Leerlaufdrehzahl und in den unteren Drehzahl- und Leistungsbereichen ein höherer Wirkungsgrad erzielen lassen. Erreicht die Kraftmaschine höhere Drehzahl- und Leistungsbereiche, werden das zweite Einlassventil oder die Einlassventile der zweiten Gruppe 71 mit stufenlos den Drehzahl- und Leistungsbereichen angepasster Hublänge geöffnet. Hierbei können für das erste Einlassventil oder für die erste Gruppe von Ventilen 70 ein für die niedrigen Drehzahlen vorteilhaft langer Ansaugkanal und für das zweite Einlassventil 71 oder die zweite Gruppe von Einlassventilen 71 für die oberen Drehzahlbereiche ein hier vorteilhaft kürzerer Ansaugkanal vorgesehen werden. Weiterhin können das erste Einlassventil oder die erste Gruppe von Einlassventilen auch einen kleineren Ventilteller als das zweite Einlassventil oder die zweite Gruppe von Einlassventilen 71 aufweisen.

[0085] Für eine Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine wird, während die Einlass- und Auslassventile 71 für den verbrennungsmotorischen Betrieb ihre Hubbewegungen ausführen, nach dem Betätigen des Bremspedals bei einem Auslassventil 70 eine kontinuierliche Öffnung mit einer geringen Hublänge eingestellt, wobei mittels der hier erfolgenden Luftverwirbelung eine Verminderung der Kompression während des Kompressionstaktes und mittels einer im Abgassystem eingeschalteten Drosselklappe durch die hier erfolgende Druckerhöhung eine erhöhte Bremsleistung erzielt wird. Durch dieses mittels der Hubventilsteuerung betätigte Auslassventil 70 wird ein oftmals für die Erhöhung der Bremsleistung zusätzlich angeordnetes, auf pneumatische oder hydraulische Weise angetriebenes Ventil, das einen Bypass zu den Auslassventilen herstellt, in einfacher Weise eingespart.

[0086] Für eine Zylinderabschaltung kann durch die Hubventilsteuerung eine stufenlos erfolgende Reduzierung der Ventilhublänge bis zur Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Einlass- und Auslassventile 70 und 71 in zwei Schritten erfolgen, wobei zwei Gruppen von Einlass- und Auslassventilen 70 und 71 nacheinander einem kontinuierlichen Schließen zugeführt werden, wodurch ein sanfter Vorgang der Zylinderabschaltung erzielt wird. Werden die Einlass- und Auslassventile 70 und 71 aus dieser Position in umgekehrter Weise angesteuert, kann hierdurch ein sanfter Vorgang der Zylindereinschaltung erzielt werden. Für den Antrieb der zwei Gruppen von Einlass- und Auslassventilen 70 und 71 sind zwei entsprechend ausgebildete Kipphebel 72 in Fig. 5 und 73 in Fig. 6 vorgesehen, die für den Antrieb der Ventilgruppen 70 und 71 an ihrem rechten Arm etwa durch eine Gabelung in entsprechender Anzahl Kontaktflächen 74 aufweisen.

[0087] Die Außenwelle 68 und die Innenwelle 69 werden durch Stellmotoren oder Stellzylinder unabhängig voneinander angetrieben, wobei auch Rückstellfedern angeordnet

werden können, die im Falle eines Energieausfalles die Außenwelle 68 und die Innenwelle 69 der Hubventilsteuerungen auf eine für die Antriebsleistung der Kraftmaschine geeignete Stellposition bewegen.

[0088] Der in der Fig. 5 dargestellte, die Ventilgruppe 70 betätigende Kipphebel 72 wird von dem Stößel 75 und der in der Fig. 6 dargestellte, die Ventilgruppe 71 betätigende Kipphebel 73 wird von dem Stößel 76 angetrieben, wobei beide Stößel 75 und 76 von dem Schwinghebel 77 angetrieben werden. Der Schwinghebel 77 kann über eine Stößelstange 78, von einem Nocken direkt oder über eine Nockenrolle angetrieben werden.

[0089] Die Außenwelle 68 der Steuerwelle 68169, als Hohlwelle ausgebildet, die eine zylindrische Innenfläche aufweist, ist auf der massiven Innenwelle 69 drehbar gelagert. Während der Stößel 75 der Fig. 5 in der Außenwelle 68 axial beweglich gelagert ist, ist der Stößel 76 der Fig. 6 in der Innenwelle 69 axial beweglich gelagert. Um zu ermöglichen, dass der Stößel 75 zusammen mit der Außenwelle 68 eine Drehbewegung trotz einer stillstehenden Innenwelle 69 ausführen kann, weist die Innenwelle 69 im Drehbereich des Stößels 75 eine x-förmige Ausnehmung 79 auf. Um zu ermöglichen, dass der Stößel 76 zusammen mit der Innenwelle 69 eine Drehbewegung trotz einer stillstehenden Außenwelle 68 ausführen kann, weist die Außenwelle 68 im Drehbereich des Stößels 76 Schlitz 80 auf. Während der Kipphebel 72 der Fig. 5 und der Kipphebel 73 der Fig. 6 eine kreisförmige Kontaktfläche 81 aufweisen, weist der Schwinghebel 77 eine entgegen gerichtete, kreisförmige Kontaktfläche 82 auf. Hierbei greifen die Stößel 75 und 76 mit ihrer einen Kontaktfläche in die Kontaktfläche 82 des Schwinghebels 77 ein, wobei der Stößel 75 mit seiner anderen Kontaktfläche in die Kontaktfläche 81 des Kipphebels 72 und der Stößel 76 mit seiner anderen Kontaktfläche in die Kontaktfläche 81 des Kipphebels 73 eingreifen. Die Drehgelenke 83 der beiden Kipphebel 72 und 73 liegen über dem Drehgelenk 84 des Schwinghebels 77 und sind in dem Achshalter 85 angeordnet.

[0090] Werden die Außenwelle 68 oder die Innenwelle 69 im Uhrzeigersinn gedreht, wird die Hublänge der Ventilgruppen 70 oder 71 vergrößert, wenn die Stößel 75 und 76 mit ihren Kontaktflächen in die Ausnehmungen 81 und 82 eingreifen. Mit einer Drehung der Außenwelle 68 oder der Innenwelle 69 gegen den Uhrzeigersinn verkleinert sich die Hublänge der Ventilgruppen 70 und 71. Bei der Ventilgruppe 70 oder 71 wird ein kontinuierliches Schließen eingestellt, wenn die untere Kontaktfläche der Stößel 75 oder 76 auf die kreisförmig nach außen gewölbte, um die Drehachse des Drehgelenkes 84 verlaufende Kontaktfläche 86 des Schwinghebels 77 und hiernach weiter auf die nach innen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse der Doppelsteuerwelle 68169 verlaufenden Kontaktfläche 87 des Achshalters 85 gestellt ist, wobei die von der Schwingbewegung des Schwinghebels 77 herrührende Gleitreibung vermieden wird, wenn die Kontaktflächen der Stößel 75 und 76 auf die feststehende Kontaktfläche 87 des Achshalters 85 gesteckt sind.

[0091] Um eine kontinuierliche Öffnung der Ventilgruppen 70 oder 71 zu erzielen, werden die unteren Kontaktflächen der Stößel 75 oder 76 auf eine sich an die Kontaktfläche 87 des Achshalters 85 anschließende, in den Achshalter 85 eingearbeitete Stellnase 88 gestellt, wobei durch ein entsprechendes Gleiten der Stößel 75 und 76 auf der Stellnase 88 die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventilgruppen 70 und 71 stufenlos eingestellt werden kann. Da mit sich verkleinernder Ventilhublänge die von den Ventiltellern 89 erzeugte Anpresskraft über die Kipphebel 70 und 71 sowie nachfolgend über die Stößel 75 und 76 auf den

Schwinghebel 77 immer weiter abgeschwächt übertragen wird und da ab einer Ventilhublänge keine oder eine nicht mehr eine ausreichende Kraft auf den Schwinghebel 77 ausgeübt wird, durch welche es dem Schwinghebel 77 ermöglicht wird, den von dem Nocken erzeugten Bewegungen zu folgen, ist an dem Schwinghebel 77 eine Rückstellfeder 90 angeordnet.

[0092] Soll für die Ventilgruppen 70 und 71 ein voneinander abweichender Bewegungsablauf auch mit einer unterschiedlichen Öffnungsdauer und Öffnungsphase vorgesehen werden, kann jeder der beiden Kipphebel 72 und 73 von einem eigenen Schwinghebel 77 angetrieben werden, wobei die Schwinghebel 77 von Nocken mit einer unterschiedlichen Form und mit einer unterschiedlichen Drehwinkelposition auf der Nockenwelle über Stößelstangen 78 oder direkt angetrieben werden können.

[0093] Fig. 7 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können.

[0094] Für die Betätigung der Ventile 91 weist die Hubventilsteuerung einen Kipphebel 92 auf, der an seinem einen Ende die Kontaktfläche 93 für die Betätigung der Ventile 91 und auf seiner anderen Seite eine nach unten gerichtete, geradlinige Kontaktfläche 94 besitzt. Unter dem Kipphebel 92 ist ein Schwinghebel 95 mit einer nach oben gerichteten, geradlinigen Kontaktfläche 96 angeordnet, dessen Drehgelenk 97 unter dem Drehgelenk 98 des Kipphebels 92 im Bereich der Kontaktfläche 94 des Kipphebels 92 angeordnet ist. Der Schwinghebel 95 wird von einer Stößelstange 99 angetrieben, wobei der Schwinghebel 95 einen in einer zwischen den Kontaktflächen 94 und 96 angeordneten Schubstange 100, axial beweglich gelagerten Stößel 101 antreibt, der mit seiner unteren Kontaktfläche in die Kontaktfläche 96 des Schwinghebels 95 eingreift, mit seiner oberen Kontaktfläche in die Kontaktfläche 94 des Kipphebels 92 eingreift und hierdurch den Kipphebel 92 antreibt, der die Ventile 91 betätigt. Die Längsachse der Schubstange 100 verläuft in der Ebene, in der auch die Längsachsen des Kipphebels 92 und des Schwinghebels 95 verlaufen. Der Schwinghebel 95 kann auch von unten von einem Nocken direkt oder über eine Nockenrolle angetrieben werden. Die Schubstange 100, in einfacher Weise aus einem Rundprofil hergestellt, ist in dem Achshalter 102 des Drehgelenkes 97 und in dem Achshalter 103 des Drehgelenkes 98 längsbeweglich gelagert. Die Schubstange 100 wird in dem Achshalter 103 durch eine Längsverzahnung oder durch Passfedern drehfest gehalten. Um die Länge des Ventilhubes zu verändern, greift eine an einem Kurbelarm 104 einer Kurbelwelle 105 befestigte Exzentrerscheibe 106 mit einem oder ohne einen Gleitstein in eine an der Schubstange 100 befestigte Kurbelschleife 107 ein, wobei durch eine Drehbewegung der Kurbelwelle 105 eine Längsbewegung der Schubstange 100 bewirkt wird. Da die Kurbelwelle 105 nur einen Drehwinkel von maximal 70° ausführt, kann die Kurbelwelle 105 geradlinig ohne Kröpfungen, in einfacher Weise aus einem Rundprofil hergestellt werden. Da das Drehgelenk 98 des Kipphebels 92 und das Drehgelenk 97 des Schwinghebels 95 beiderseitig zu der Längsachse des Stößels 101 angeordnet ist und sich der Stößel 101 während eines Verstellvorganges mit seiner oberen und unteren Kontaktfläche in einer gleichen Richtung bewegt, werden die wirksamen Hebel des Kipphebels 92 und des Schwinghebels 95 hierbei gegensätzlich in ihrer Länge verändert, wodurch für die Veränderung der Ventilhublänge von dem maximalen Ventilhub bis zu dem kontinuierlichen Schließen der Ventile 91 nur ein kurzer Verstellweg der Schubstange 100 benötigt wird. Sind die Ventile 91 ge-

schlossen und ist die Kontaktfläche 93 des Kipphebels 92 zu den Ventilen 91 etwa durch einen Spion in dem Abstand des vorgegebenen Ventilspieles positioniert, bewegt sich der Stößel 101 in dem Verstellbereich von der maximalen Ventilhublänge bis zu dem kontinuierlichen Schließen der Ventile 91 mit seinen beiden Kontaktflächen entlang der geradlinigen Kontaktflächen 94 und 96, wodurch keine Hubbewegung der Ventile 91 bewirkt wird. Wenn das vorgegebene Ventilspiel wieder hergestellt ist, bleibt dieses in dem Verstellbereich von der maximalen Ventilhublänge bis zu dem kontinuierlichen Schließen der Ventile 91 konstant.

[0095] Der Verstellweg der Schubstange 100 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Eingriffspunkt des Stößels 101 auf der Kontaktfläche 96 des Schwinghebels 95 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird die Ventilhublänge verkürzt. Hierbei sind in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 91 eingestellt. In dem Bereich des Stellpunktes C schließt sich an die geradlinige Kontaktfläche 96 des Schwinghebels 95 auf dem Schwinghebel 95 eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Drehgelenkes 97 verlaufende Kontaktfläche 108 an. An die Kontaktfläche 108 schließt sich eine in den Achshalter 102 des Drehgelenkes 97 eingearbeitete, parallel zur Längsachse der Schubstange 100 verlaufende Kontaktfläche 109 an, wobei der mit seiner unteren Kontaktfläche auf die Kontaktflächen 108 oder 109 gestellte Stößel 101 keine Aalbewegung während der Schwingbewegung des Schwinghebels 95 ausführt und somit die Ventile 91 nicht betätigt werden. Ist der Stößel 101 auf die feststehende Kontaktfläche 109 des Achshalters 102 gestellt, wird die von der Schwingbewegung des Schwinghebels 95 herrührende, auf den Stößel 101 einwirkende Gleitreibung vermieden. In dem Bereich des Stellpunktes D wird durch die sich an die Kontaktfläche 109 anschließende Stellnase 110 eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 91 dadurch erzeugt, dass der Stößel 101 durch ein Hinaufgleiten auf die Stellnase 110 eine aufwärtsgerichtete axiale Bewegung in der Schubstange 100 ausführt, wodurch der Kipphebel 92 die Ventile 91 öffnet. Durch eine Veränderung der Position des Stößels 100 auf der Stellnase 110 kann die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile 91 stufenlos eingestellt werden. Durch den gleichzeitigen Eingriff des Stößels 101 in die auf dem Kipphebel 92 angeordnete Stellnase 111 wird die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile 91 vergrößert. Die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile 91 kann auch nur durch eine der Stellnasen 110 oder 111 erfolgen. Da mit sich verkleinerndem Ventilhub die von der Ventilsfeder 112 erzeugte Kraft sich auf den Schwinghebel 95 immer weiter abgeschwächt überträgt und da ab einer Ventilhubgröße keine oder eine nicht mehr ausreichende Kraft auf den Schwinghebel 95 ausgeübt wird, durch welche der Schwinghebel 95, die Stößelstange 99 und der von dem Nocken direkt angetriebene Stößel genügend angepresst werden, um die von dem Nocken erzeugten Bewegungen ausführen zu können, ist an dem Schwinghebel 95 eine Hilfsfeder 113 angeordnet.

[0096] Wird eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 91 nicht gefordert, entfallen die Stellnasen 110 und 111.

[0097] Um die Anordnung einer 113 Rückstellfeder zu vermeiden, kann an dem Schwinghebel 95 ein Stellarm angeordnet sein, durch den der Schwinghebel 95, der hier auch in der Zugrichtung über die Stößelstange 99 mit dem von dem Nocken direkt angetriebenen Stößel verbunden ist, über die Stößelstange 99 den von dem Nocken direkt angetriebenen Stößel aus dem Eingriffskreis des Nockens zieht, wenn der Stößel 101 in die nach oben weisende Kontaktflä-

che des Stellarmes eingreift. Hierbei entfällt die Kontaktfläche 109 und die Stellnase 110 des Achshalters 102.

[0098] Der Stößel 101 kann als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet sein, wobei bei dem Einsatz eines als hydraulisches Ventils-Ausgleichselement ausgeführten Stößels 101 der Stößel 101 über eine Längsbohrung in der Schubstange 100 mit Drucköl versorgt wird und das Drucköl hierbei über eine flexible Leitung in die Schubstange 100 geleitet werden kann. Das Drucköl kann auch über einen in dem Achshalter 102 eingebrachten Kanal mittels einer beiderseitig abgedichteten Lagerstelle des Achshalters 102 und einer sich hier anschließenden radialen Bohrung der Schubstange in die axiale Bohrung der Schubstange 100 eingespeist werden. Die beiderseitig abgedichtete Lagerstelle in dem Achshalter 102 darf keine Einrichtungen für Herstellung der Drehfestigkeit der Schubstange 100 aufweisen, um ein kompliziertes Dichtungssystem zu vermeiden.

[0099] Fig. 8 zeigt eine wechselseitig zu der Hubventilsteuerung der Fig. 7 zuschaltbare, Hubventilsteuerung, die für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung der Kraftmaschine vorgesehen ist. Hierzu wird durch eine Drehung der Kurbelwelle 105 der während des – verbrennungsmotorischen Betriebes der Kraftmaschine den Kipphebel 92 antreibende Stößel 101 der Fig. 7 deaktiviert und gleichzeitig der auch in der Schubstange 100 der Fig. 7 axial beweglich gelagerte Stößel 114 aktiviert, wodurch der Kipphebel 92 nun von dem Stößel 114 über eine Kontaktflächenverbreiterung 115 des Kipphebels 92 angetrieben wird. Bei einer nach dem Viertaktverfahren im verbrennungsmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine wird die Bremsleistung der Kraftmaschine mittels der Hubventilsteuerung dadurch erhöht, dass die Ansaugluft im Zweitaktverfahren durch die entsprechend gesteuerten Einlass- und Auslassventile 91 der Fig. 7 angesaugt und in ein gedrosseltes Abgassystem oder in einen Druckluftbehälter gepumpt wird. Hierzu besitzt die zusätzliche, wechselseitig zuschaltbare Hubventilsteuerung einen, von der Stößelstange 116 angetriebenen Schwinghebel 117, dessen Drehgelenk 118 zu dem Drehgelenk 97 des Schwinghebels 95 der Fig. 7 horizontal in die Richtung des Achshalters 103 der Fig. 7 versetzt und in diesem angeordnet ist. Die Stößelstange 116 wird von einem Nocken mit zwei Erhebungen angetrieben, so dass bei einer 1 : 2 unteretzten Nockenwelle bei jedem zweiten Kolbenhub eine Betätigung der Ventile 91 der Fig. 7 herbeigeführt wird. Da hierbei der Stößel 114 in der Längsrichtung und Querrichtung zu dem Stößel 101 der Fig. 7 versetzt in der Schubstange 100 der Fig. 7. angeordnet ist, ist die Schubstange 100 in vorteilhafter Weise aus einem Flachprofil hergestellt und in den Achshaltern 102 und 103 der Fig. 7 axial beweglich gelagert. Für die Erzielung einer Bremsleistung wird mittels der Schubstange 100 für den Antrieb der Ventile 91 der Stößel 114 auf den Schwinghebel 117 gesteuert, wobei gleichzeitig der Stößel 101 der Fig. 7 auf die feststehende Kontaktfläche 109 des Achshalters 102 der Fig. 7 gestellt wird.

[0100] Die für eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 91 in den Achshalter 102 eingearbeitete Stellnase 110 und in den Kipphebel 92 eingearbeitete Stellnase 111 der Fig. 7 sind hierbei nicht vorhanden.

[0101] Wird die Kraftmaschine wieder auf den verbrennungsmotorischen Betrieb umgeschaltet, werden beide Stößel 101 und 114 mittels der Schubstange 100 in die Richtung des Achshalters 103 bewegt, wodurch der Stößel 101 wieder auf die Kontaktfläche 96 des Schwinghebels 95 gestellt wird und hierdurch die Ventile 91 betätigt, während der Stößel 117 auf die nach innen gewölbte Kontaktfläche 119 des mit dem und Schwinghebel 117 verbundenen Stellarmes 120 ge-

stellt wird und hierbei der von dem Nocken direkt beaufschlagte Stößel aus dem Eingriffskreis des Nockens gezogen wird, wobei die Stößelstange 116 auch in der Zugrichtung mit dem Schwinghebel 117 und dem von dem Nocken direkt beaufschlagten Stößel verbunden ist. Hierbei greift der Stößel 114 mit seiner oberen Kontaktfläche in eine als Widerlager dienende, sich an die Kontaktflächenverbreiterung 115 des Kipphebels 92 anschließende, mit dem Achshalter 103 der Fig. 7 verbundene, Kontaktfläche 121 ein, um den Stellarm 120 während der Stellbewegung mit seiner unteren Kontaktfläche hinunterdrücken zu können.

[0102] Kann die Stößelstange 116, wie üblich, nur Druckkräfte übertragen, ist an dem Schwinghebel 117 eine Rückstellfeder anzuordnen.

[0103] Der Schwinghebel 117 kann auch direkt von einem Nocken oder eine Nockenrolle angetrieben werden.

[0104] Die Funktionen der mittels einer Steuerwelle einzustellenden Hubventilsteuerung der Fig. 4 können auch, wie in der Fig. 7 und 8 dargestellt, durch eine Schubstangen aufweisende Hubventilsteuerung durchgeführt werden, die in einem Kurbelgehäuse angeordnet ist.

[0105] Die Hubventilsteuerung besitzt, um die Anordnung mehrerer Schubstangen 100 zu vermeiden, eine Schubstange 100, die aus einem Flachprofil hergestellt ist, auf der entsprechend der an die Hubventilsteuerung gestellten Aufgaben die notwendigen Stößel 101 sowohl in Längs- als auch in Querrichtung versetzt angeordnet sind, wobei jeder Stößel 101 sowohl von einem über Stößelstangen 99 als auch über direkt von Nocken oder anderen Antriebseinrichtungen angetriebene Schwinghebel 95 angetrieben wird und die Stößel 101 selbst einen oder mehrere Kipp- oder Schwinghebel 92 antreiben.

[0106] Weist die Kraftmaschine eine größere Anzahl in einer Reihe angeordneter Ventile 91 mit gleichzeitigen Stellbewegungen auf, können die Stößel 101 statt in einzelnen Schubstangen 100 angeordnet, auch auf einer gemeinsamen Platte angeordnet sein, wobei die Platte rechtwinklig zu den Drehachsen der Kipp- und Schwinghebel 92 und 95 stellbar ist.

[0107] Hubventilsteuerungen mit unterschiedlichen Steuerprogrammen, deren Schubstangen 100 etwa parallel in einer Ebene angeordnet sind, können durch mehrere Kurbelwellen 105 auf die Weise eingestellt werden, dass die Schubstangen 100 entsprechend ihres Steuerprogramms Kurbelschleifen 107 aufweisen, die zum einen nach oben geöffnet und zum anderen nach unten geöffnet sind, wobei mindestens zwei parallel verlaufende Kurbelwellen 105 mit ihren an den Kurbelarmen 104 befestigten Exzenterscheiben 106 einerseits von oben und andererseits von unten mit einem oder ohne einen Gleitstein in die Kurbelschleifen 107 der Schubstangen 100 eingreifen.

[0108] Die hierbei unabhängig voneinander anzutreibenden Kurbelwellen 105 der Hubventilsteuerungen werden durch Stellmotoren oder Stellzylinder angetrieben, wobei auch Rückstellfedern angeordnet werden können, welche die Kurbelwellen 105 bei einem Energieausfall auf eine für den verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine geeignete Stellposition bewegen.

[0109] Fig. 9 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können.

[0110] Für die Betätigung der Ventile 122 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 123 auf, der auf seiner Unterseite direkt oder über eine Nockenrolle von einem Nocken 124 angetrieben wird. Auf seiner Oberseite besitzt der Schwinghebel 123 eine nach innen gewölbte, kreisfö-

nige Kontaktfläche 125, in die ein über einen Gelenkpunkt 126 mit dem Stellhebel 127 verbundener Gleitstein 128 mit einer zylindrischen Kontaktfläche 129 eingreift, wobei der Stellhebel 127 von einer Steuerwelle 130, die gleichzeitig als Drehachse des Schwinghebels 123 dient, in Drehung versetzt wird. Der Gleitstein 128 besitzt einen aus einer etwa halbkugelförmigen Ausnehmung gebildeten, nach oben weisenden Gelenkpunkt 131, der für die Lagerung der Stößelstange 132 dient. Die Stößelstange 132 führt von dem Gelenkpunkt 131 des Gleitsteines 128 zu einem im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel 133 und ist an dem Kipphebel 133 in einem nach unten weisenden, aus einer Kugel gebildeten Gelenkpunkt 134 gelagert. Während der Verstellbewegung führt der Gelenkpunkt 131 des Gleitsteines 128 um den Gelenkpunkt 134 des Kipphebels 133 eine Kreisbewegung in dem Radius R1 aus. Um hierbei das vorgegebene Ventilspiel während des Verstehens des Gleitsteines 128 von dem Stellpunkt der maximalen Ventilhublänge bis zu dem Stellpunkt des kontinuierlichen Schließens der Ventile 122 konstant zu halten, wenn die Ventile 122 geschlossen sind und die auf die Ventile 122 gerichtete Kontaktfläche 135 des Kipphebels 133 etwa durch einen Spion zu der Kontaktfläche der Ventile 122 in dem Abstand des vorgegebenen Ventilspiels gehalten ist, verläuft die Kontaktfläche 125 des Schwinghebels 123 in einem Radius R um den Mittelpunkt des an dem Kipphebel 133 befestigten Gelenkpunktes 134, wobei der Radius R eine Länge aufweist, die sich aus dem durch die Stößelstange 132 vorgegebenen Abstand L der Gelenkpunkte 131 und 134 unter Hinzufügung der Radiuslänge R2 der kreisförmigen Kontaktfläche 129 des Gleitsteines 128 ergibt. Somit ist:  $R = L + R2$ , wobei  $L = R1$  ist.

[0111] Der Verstellweg des Gleitsteines 128 auf der Kontaktfläche 125 des Schwinghebels 123 sowie das Verschwenken der Stößelstange 131 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Eingriffspunkt des Gleitsteines 128 auf der Kontaktfläche 125 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird die Ventilhublänge verkleinert. Hierbei sind in dem Bereich des Stellpunktes A die maximale Ventilhublänge, in dem Bereich des Stellpunktes B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 122 eingestellt. Hierzu besitzt der Schwinghebel 123 in den Bereichen des Stellpunktes C und D einen Stellarm 136 mit einer nach innen gewölbten Kontaktfläche 137, wobei sich die Kontaktfläche 137 an die Kontaktfläche 125 des Schwinghebels 123 anschließt. Wird der Gleitstein 128 auf die Kontaktfläche 137 des Stellarmes 136 gestellt, bewegt sich der Schwinghebel 123 durch das hierbei am Stellarm 136 erzeugte Drehmoment aus dem Eingriffskreis des Nockens 124, wonach keine Hubbewegungen auf die Ventile 122 übertragen werden. In dem Bereich des Stellpunktes D ist eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 122 eingestellt, wofür auf dem Stellarm 136 eine nach außen gewölbte Kontaktfläche 138 angeordnet ist, die sich an die Kontaktfläche 137 anschließt. Wird der Gleitstein 128 auf die Kontaktfläche 138 gestellt, entfernt sich der Schwinghebel 123 weiter von dem Eingriffskreis des Nockens 124, wobei der Stellarm 136 gegen ein Widerlager 139 gedrückt wird, das in dem Achshalter 140 eingearbeitet ist, der neben der Lagerung der Steuerwelle 130 gegebenenfalls auch die Lagerung der Nockenwelle 141 aufweist. Wird der Gleitstein 128 hier-nach weiter auf der Kontaktfläche 138 in die Richtung des Endes von dem Stellarm 136 bewegt, führt der Gleitstein 128 eine nach oben gerichtete Bewegung aus, wodurch die Ventile 122 kontinuierlich geöffnet werden. Durch eine Veränderung der Position des Gleitsteines 128 auf der Kontaktfläche 138 kann der Ventilhub der kontinuierlichen Öffnung der Ventile 122 stufenlos eingestellt werden.

[0112] An dem Gleitstein 128 sind beiderseitig Führungsschienen 142 angeordnet, wodurch der Gleitstein 128 auf dem Schwinghebel 123 geführt wird.

[0113] Fig. 10 zeigt eine Modifikation des Gleitsteines 128 der Hubventilsteuerung gemäß Fig. 9. Hierbei ist der eine zylindrische Gleitfläche 129 aufweisende Gleitstein 128 durch einen Zwillingssrollenbock ersetzt, bei dem zwischen den beiden Rollen 143 der für die Stößelstange 144 vorgesehene Gelenkpunkt 145 in dem gemeinsamen Achskörper 146 der Rollen 143 angeordnet ist. Hierbei ist es nicht notwendig, dass der Mittelpunkt des Gelenkpunktes 145 in der Mittellängsachse des Achskörpers 146 liegt. Der Radius R der von den Rollen 143 beaufschlagten Kontaktfläche 147 des Schwinghebels 148 errechnet sich:  $R = L + R1$ . Hierbei ist L der Abstand der Mittelpunkte von den Gelenken der Stößelstange 144 und R1 der Abstand des Mittelpunktes von dem Gelenkpunkt 145 zu der von den Rollen 143 beaufschlagten Kontaktfläche 147. Der den Gelenkpunkt 145 aufweisende Achskörper 146 besitzt für eine seitliche Führung des Zwillingssrollenbockes eine Führungsfeder 149, die in eine Längsnut 150 des Schwinghebels 148 eingreift.

[0114] Fig. 11 zeigt eine im Kurbelgehäuse angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können.

[0115] Für die Betätigung der Ventile 151 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 152 auf, der auf seiner Unterseite von einem Nocken 153 direkt oder über eine Nockenrolle angetrieben wird. Auf der Oberseite besitzt der Schwinghebel 152 eine nach innen gewölbte, kreisförmige Kontaktfläche 154, in die ein Stößel 155 eingreift, der in einem Führungsschlitten 156 axial beweglich gelagert ist, wobei der Führungsschlitten 156 durch zwei an einem Achshalter 157 befestigte Führungsstangen 158 linear geführt ist und durch einen von einer Steuerwelle 159 angetriebenen Stellhebel 160 über eine Gelenkstange 161 auf den Führungsstangen 158 verfahren wird. Der Führungsschlitten 156 greift nur einseitig in die Führungsstangen 158 ein, so dass zwei benachbarte Führungsschlitten 156 gleichzeitig in eine Führungsstange 158 eingreifen können. In dem Achshalter 157 sind die Führungsstangen 158, das Drehgelenk 162 für den Schwinghebel 152, die Steuerwelle 159 und gegebenenfalls die Nockenwelle 163 gelagert. Der Stößel 155 besitzt einen nach oben gerichteten Gelenkpunkt 164 für die Lagerung der Stößelstange 165, wobei der Stößel 155 unten mit einer kreisförmig nach außen gewölbten Kontaktfläche in die Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 eingreift. Die Stößelstange 165 führt von dem Stößel 155 zu einem in dem Zylinderkopf angeordneten Kipphebel 166 und ist dort in einem an dem Kipphebel 166 befestigten Gelenkpunkt 167 gelagert. Während der Verstellbewegung führt der Gelenkpunkt 164 des Stößels 155 eine Kreisbewegung um den Gelenkpunkt 167 des Kipphebels 166 mit der Radiuslänge R1 aus. Um hierbei das vorgegebene Ventilspiel während des Verfahrens des Führungsschlittens 156 von dem Stellpunkt, bei dem der Stößel 155 die Ventile 151 mit der maximalen Ventilhublänge betätigt, bis zu dem Stellpunkt des Stößels 155, bei dem ein kontinuierliches Schließen der Ventile 151 eingestellt ist, konstant zu halten, wenn die Ventile 151 geschlossen sind und die auf die Ventile 151 gerichteten Kontaktflächen 168 des Kipphebels 166 zu den Kontaktflächen der Ventile 151 in dem Abstand des vorgegebenen Ventilspiels gehalten sind, ist für die kreisförmige Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 eine Radiuslänge R anzuordnen, die sich aus der Summe der Radiuslängen R1, die gleich dem Abstand L des Gelenkpunktes 164 des Stößels 155 zu dem Gelenkpunkt 167 des Kipphebels 166 ist, und der Radiuslänge R2 der kreisförmigen Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 ergibt. Somit ist:  $R = R1 + R2$ .

Bels 155 zu dem Gelenkpunkt 167 des Kipphebels 166 ist, und R2, welche die Radiuslänge der in die Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 eingreifenden Kontaktfläche des Stößels 155 ist, ergibt. Somit ist  $R = R_1 + R_2$ . Da der Stößel 155 durch den Führungsschlitten 156 parallel geführt ist, liegt der Mittelpunkt der kreisförmigen Kontaktfläche 154, wenn die Ventile geschlossen sind und die auf die Ventile 151 gerichteten Kontaktflächen 168 der Kipphebel 166 zu den Kontaktflächen der Ventile 151 in dem Abstand des vorgegebenen Ventilspieles gehalten sind, in einem Abstand L1 unter dem Gelenkpunkt 167 auf einer Linie, die in der Stellposition vorhanden ist, bei der sowohl der Stößel 155 als auch die Stößelstange 165 eine gemeinsame Längsachse aufweisen. Der Abstand L1 ergibt sich aus dem Abstand des Mittelpunktes der kreisförmigen, in die Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 eingreifenden Kontaktfläche des Stößels 155 zu dem Mittelpunkt des Gelenkpunktes 164.

[0116] Der Verstellweg des Stößels 155 auf der Kontaktfläche 154 des Schwinghebels 152 sowie das Verschwenken der Stößelstange 165 sind durch die Stellpunkte A–D unterteilt. Bewegt sich der Eingriffspunkt des Stößels 155 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird die Ventilhublänge verkleinert. Hierbei sind in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 151 eingestellt. In dem Bereich der Stellpunkte C–D weist der Schwinghebel 152 eine sich an seine Kontaktfläche 154 anschließende, nach innen gewölbte Kontaktfläche 169 auf. Bewegt sich die Kontaktfläche des Stößels 156 von dem Stellpunkt C zu dem Stellpunkt D, wird der Schwinghebel 152 mittel des durch den Eingriff des Stößels 155 in die Kontaktfläche 169 entstehenden Drehmomentes aus dem Eingriffskreis des Nockens 153 bewegt, wonach eine weitere Bewegung des Schwinghebels 152 durch den Kontakt der im Bereich des Drehgelenkes 162 angeordneten, nach unten gerichteten Kontaktfläche 170 des Schwinghebels 152 mit dem Widerlager 171, das mit dem Achshalter 157 verbunden ist, verhindert wird und der Stößel 155 hiernach während seiner weiteren Verstellbewegung auf der Kontaktfläche 169 in dem Führungsschlitten 156 eine nach oben gerichtete Vertikalbewegung ausführt, wodurch die Ventile 151 über die Stößelstange 165 und den Kipphebel 166 bewegt werden und hierdurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 101 eingestellt wird. Hierbei kann durch ein Verstellen des Stößels 156 auf der Kontaktfläche 169 die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile 151 stufenlos eingestellt werden.

[0117] Fig. 12 zeigt eine Modifikation des Stößels 155 der in Fig. 11 dargestellten Hubventilsteuerung. Hierbei ist der Stößel 155 durch einen Rollenstößel ersetzt, bei dem die Rolle 172 auf einer Achse 173 an dem gabelförmigen Stößelkörper 174 befestigt ist. Der Stößelkörper 174 ist in einem auf Führungsstangen 175 angeordneten Führungsschlitten 176 längsbeweglich gelagert und besitzt einen Gelenkpunkt 177 für eine zu dem Zylinderkopf führenden Stößelstange 178.

[0118] Fig. 13 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0119] Für die Betätigung der Ventile 179 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 180 auf, der über seine Nockenrolle 181 durch einen Nocken 182 angetrieben wird, wobei der Schwinghebel 180 auf einer Achse 183 gelagert ist, die gleichfalls als Lagerung eines in die entgegengesetzte Richtung weisenden, für diese Lagerung gegabelten

Schwinghebels 184 dient, der über ein Ventilspiel-Ausgleichselement 185 die Ventile 179 antreibt. Die Schwinghebel 180 und 184 weisen eine nach innen gewölbte, kreisförmige Kontaktfläche 186 auf, in die Rollen 187 eines in dem Gelenkpunkt 188 eines Stellhebels 189 gelagerten Waagebalkens 190 eingreifen, wobei die Rollen 187 an beiden Enden des Waagebalkens 190 angeordnet sind. Der Stellhebel 189 wird für die Durchführung eines Verstellvorganges durch eine Steuerwelle 191 angetrieben, wobei der Waagebalken 190 mit seinen beiden Rollen 181 einen parallel geführten Kreiseingriff in die Kontaktflächen 186 der Schwinghebel 180 und 184 ausübt, wenn sich die Nockenrolle 181 auf dem Nockengrundkreis befindet, wodurch die Schwinghebel 180 und 184 in der Betätigungsrichtung der Ventile 179 miteinander kraftschlüssig in Verbindung stehen. Hierbei werden der wirksame Hebel des von dem Nocken 182 angetriebenen Schwinghebels 180 und der wirksame Hebel des die Ventile 179 betätigenden Schwinghebels 184 gegensätzlich in ihrer Länge verändert, wodurch ein kurzer Verstellwinkel erzielt wird. Während des parallel geführten Kreiseingriffs führen die Drehachsen der Rollen 187 und der Gelenkpunkt 188 des Stellhebels 189 eine Kreisbewegung in einem gleich großen Radius R aus, wobei die zwischen der Drehachse des Gelenkpunktes 188 und der Drehachse der Steuerwelle 191 vorhandene Abstandslänge L gleich der Radiuslänge R ist. Hierbei verlaufen die Abstandslinie L und die Linien, welche die Drehachsen der Rollen 187 und die Eingriffspunkte der Rollen 187 auf den Kontaktflächen 186 durchlaufen, immer parallel zueinander. Die Radiuslänge R1 des Kreisbogens der Kontaktflächen 186 ergibt sich aus der Summe der Radiuslänge R und der Radiuslänge R2 der Rollen 187. Somit ist  $R_1 = R + R_2$ , wobei  $L = R$  ist. Hierdurch wird, wenn sich die Nockenrolle 181 auf dem Nockengrundkreis befindet, in dem Verstellbereich von einer maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 179 erzielt, dass bei der für den Verstellvorgang erfolgenden Drehung der Steuerwelle 191 der Waagebalken 190 parallel geführt mit seinen Rollen 187 in die Kontaktflächen eingreift, ohne hierdurch das Ventilspiel zu verändern.

[0120] Diese Funktion der Hubventilsteuerung kann auch mittels aufeinander abgestimmter, in anderer Weise geformter Kontaktflächen 186 erzielt werden, wobei das Ventilspiel während eines Verstellvorganges nicht verändert wird, wenn sich die Nockenrolle 181 auf dem Nockengrundkreis befindet. Hierbei führt dann der Waagebalken 190 während der für die Herstellung eines Verstellvorganges erfolgenden Drehung der Steuerwelle 191 um den Gelenkpunkt 188 eine Drehbewegung aus.

[0121] Der Verstellweg der in die Kontaktfläche 186 des Schwinghebels 184 eingreifenden Rolle 187 ist durch die Stellpunkte A–D unterteilt. Bewegt sich die in den Waagebalken 190 eingreifende Rolle 187 auf der Kontaktfläche 186 des Schwinghebels 184 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird der Ventilhub in seiner Länge verkürzt. Hierbei sind in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 179 eingestellt. Für ein kontinuierliches Schließen der Ventile 179 weist der Schwinghebel 180 im Bereich des Stellpunktes C eine sich an seine Kontaktfläche 186 in der Richtung der Achse 183 der Schwinghebel 180 und 184 anschließende, kreisförmig um die Drehachse der Achse 183 verlaufende Kontaktfläche 192 auf, wobei während eines Eingriffes der in die Kontaktfläche 192 des Schwinghebels 186 eingreifenden Rolle 187 des Waagebalkens 190 die Ventile 179 nicht betätigt werden und somit ein kontinuierliches Schließen der Ventile 179

hergestellt wird. Die in die Kontaktfläche 186 des die Ventile 179 betätigenden Schwinghebels 184 eingreifende Rolle 187 des Waagebalkens 190 befindet sich hierbei im Bereich des Stellpunktes C. Erreicht die den Schwinghebel 184 antreibende Rolle 187 den Bereich des Stellpunktes D, greift die von dem Schwinghebel 180 angetriebene Rolle 187 in eine sich auf dem Schwinghebel 180 an die Kontaktfläche 192 anschließende Stellnase 193 ein, deren nach innen gerichtete Wölbung einen Radius mit einer Länge aufweist, die geringfügig größer ist als die Radiuslänge R2 der Rollen 181. Durch den Eingriff der Rolle 187 in die Stellnase 193 wird durch das hierbei entstehende Drehmoment der Schwinghebel 180 mit seiner Nockenrolle 181 aus dem Eingriffskreis des Nockens 182 bewegt. Hierdurch kann die Anordnung einer Rückstellfeder entfallen. Soll ein kontinuierlicher Ventilhub eingestellt werden, wird der Schwinghebel 180 mit seiner Nockenrolle 181 durch eine weitergehende Bewegung der Rolle 187 auf der Stellnase 193 gegen ein Widerlager 194 gedrückt, das einen Stoßdämpfer 195 aufweist, wobei gleichzeitig die den Schwinghebel 184 antreibende Rolle 187 in eine am Ende des Schwinghebels 184 angeordnete, nach innen gewölbte Kontaktfläche 196 eingreift, deren Radius geringfügig länger ist als der Radius R2 der Rolle 187, wodurch der Schwinghebel 184 eine Bewegung ausführt und hierdurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 179 hergestellt. Durch eine gleichzeitige Veränderung der Position der Rolle 187 auf der Stellnase 193 und auf der Kontaktfläche 196 kann die Ventilhublänge stufenlos eingestellt werden.

[0122] Auf der Achse 183 kann auch eine Lagerung nur für einen der beiden Schwinghebel 180 oder 184 vorgesehen werden, wobei entweder der von dem Nocken 182 angetriebene Schwinghebel 180 oder der die Ventile 179 betätigende Schwinghebel 184 auf dem Gelenkpunkt eines unter der Achse 183 angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselementes gelagert wird. Hierbei entfällt das Ventilspiel-Ausgleichselement 185 des Schwinghebels 184.

[0123] Weiterhin kann der den Waagebalken 190 bewegende Stellhebel 189 auf der Achse 183 gelagert sein, wobei die Achse 183 gleichfalls als Lagerung der Schwinghebel 180 und 184 dient. Hierbei weisen die Schwinghebel 180 und 184 eine nach außen gewölbte Kontaktfläche 186 auf.

[0124] Die Hubventilsteuerung der Fig. 13 kann auch über Kopf etwa in einem Kurbelgehäuse angeordnet werden, wobei der Schwinghebel 184 über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

[0125] Fig. 14 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert werden kann, stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung und ein kontinuierliches Schließen sowie eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0126] Für die Betätigung der Ventile 197 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 198 auf, der über seine Nockenrolle 199 durch einen Nocken 200 angetrieben wird, wobei der Schwinghebel 198 auf den Gelenkpunkt 201 eines Ventilspiel-Ausgleichselementes 202 gelagert ist, das mittels einer Anordnung in einer Steuerwelle 203 für die Durchführung eines Verstellvorganges schwenkbar gelagert ist. Um ein hydraulisches Ventilspiel-Ausgleichselement 202 mit Drucköl versorgen zu können, weist die Steuerwelle 203 eine Längsbohrung 204 auf. Über dem Schwinghebel 198 ist ein in die entgegengesetzte Richtung weisender Kipphebel 205 angeordnet, der auf einer Achse 206 gelagert ist und über die Kontaktflächen 207 die Ventile 197 betätigt. Der Kipphebel 205 weist eine Rolle 208 auf, die in die nach innen gewölbte, kreisförmige Kontaktfläche 209 des Schwinghebels 198 eingreift, wobei die Rolle 208 beidersei-

tig angeordnete Spurkränze 210 aufweist, durch die ein Verschwenken des Schwinghebels 198 um die Längsachse des Ventilspiel-Ausgleichselementes 202 verhindert wird. Der Schwinghebel 198 steht mit dem Kipphebel 205 mittels der Rolle 208 über einen parallel geführten Kreiseingriff kraftschlüssig in Verbindung. Hierfür führen die Nockenrolle 199 bei geschlossenen Ventilen 197 während eines Verstellvorganges auf dem Grundkreis des Nockens 200 und gleichzeitig in einem gleichen Drehwinkel der Gelenkpunkt 201 des Ventilspiel-Ausgleichselementes 202 um die Drehachse der Steuerwelle 203 eine Kreisbewegung in einem Radius R aus, dessen Länge sich aus der Summe der Radiuslänge R1 des Grundkreises des Nockens 200 und der Radiuslänge R2 der Nockenrolle 199 zusammensetzt und dessen Länge gleich der Länge der Abstandslinie L ist, die von dem Mittelpunkt des auf dem Ventilspiel-Ausgleichselement 202 angeordneten Gelenkpunktes 201 zu der Drehachse der Steuerwelle 203 führt. Die Kontaktfläche 209 des Schwinghebels 198 wälzt sich hierbei auf der hier feststehenden Rolle 208 ab. Da die Kontaktfläche 209 des Schwinghebels 198 nach innen gewölbt ist, muss die Radiuslänge R3 der kreisförmigen Kontaktfläche 209, um den Radius R4 der Rolle 208 vergrößert werden, damit auch die Kontaktfläche 209 um die Rolle 208 eine Kreisbewegung in dem Radius R ausführen kann. Somit ist  $L = R = R1 + R2$  und  $R3 = R + R4$ . Während der Verstellbewegung verlaufen neben der Verbindungslinie von der Drehachse des Nockens 200 zu der Drehachse der Nockenrolle 199 und der Verbindungslinie von der Drehachse der Steuerwelle 203 zu dem Gelenkpunkt 201 des Ventilspiel-Ausgleichselementes 202 auch die Verbindungslinie von dem Eingriffspunkt der Rolle 210 auf der Kontaktfläche 209 des Schwinghebels 198 zu der Drehachse der Rolle 210 immer parallel zueinander, wenn die Nockenrolle 199 in den Nockengrundkreis und die Rolle 210 in die Kontaktfläche 209 eingreifen. Hierbei wird in dem Verstellbereich von der maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 197, solange sich die Nockenrolle 199 auf dem Grundkreis des Nockens 200 befindet, bei der während eines Verstellvorganges erfolgenden Drehung der Steuerwelle 203 zum einen die Nockenrolle 199 des Schwinghebels 198 in einer Kreisbewegung auf dem Grundkreis des Nockens 200 bewegt, wodurch zum einen der Schwinghebel 198 eine parallel geführte Kreisbewegung ausführt und zum anderen der Kipphebel 205 bei dem Eingriff seiner Rolle 208 in die Kontaktfläche 209 des Schwinghebels 198 durch die parallel geführte Kreisbewegung des Schwinghebels 198 im Stillstand gehalten und hierdurch das Ventilspiel konstant gehalten wird. Durch die Bewegung der Nockenrolle 199 auf der Nockenbahn wird eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung auf einfache Weise erzielt.

[0127] Der Verstellweg des Gelenkpunktes 201 von dem Ventilspiel-Ausgleichselement 202 ist in die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Gelenkpunkt 201 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird der Ventilhub in seiner Länge verkürzt. Hierbei ist in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 197 eingestellt. In dem Bereich des Stellpunktes C weist der Schwinghebel 198 eine sich an seine Kontaktfläche 209 anschließende, kurze, nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Gelenkpunktes 201 des Ventilspiel-Ausgleichselementes 202 verlaufende Kontaktfläche 211 auf, wodurch bei einem Eingriff der Rolle 208 des Kipphebels 205 in die Kontaktfläche 209 keine Hubbewegungen der Ventile 197 erzeugt werden und somit ein kontinuierliches Schließen der Ventile 197 hergestellt wird. Befindet sich der

Gelenkpunkt 201 in dem Bereich des Stellpunktes D, greift die Rolle 208 des Kipphebels 205 in eine sich an die Kontaktfläche 211 anschließende gleichfalls auf dem Schwinghebel 198 angeordnete Stellnase 212 ein, wodurch der Schwinghebel 198 mit seiner Nockenrolle 199 aus dem Eingriffskreis des Nockens 200 gehoben und gegen das Widerlager 213 gedrückt wird, wobei das Widerlager 213 einen Stoßdämpfer 214 aufweist. Hierdurch kann auf die Anordnung einer Rückstellfeder verzichtet werden. Durch eine weitergehende Bewegung der Rolle 208 auf der Stellnase 212 stellt der Schwinghebel 220 durch seine hierbei erfolgende Drehbewegung eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 197 her, wobei durch eine Veränderung der Position der Rolle 208 auf der Stellnase 212 die Ventilhublänge stufenlos eingestellt werden kann.

[0128] In vorteilhafter Weise können mittels der Hubventilsteuerung gemäß Fig. 14, um eine den Drehzahlen der Kraftmaschine vorteilhaft angepasste Ventilsteuerung vornehmen zu können, bei einer sich vermindernenden Drehzahl mit einer sich vermindernenden Ventilhublänge gleichzeitig das Schließen der Einlassventile stufenlos auf "früh" und die Öffnung der Auslassventile stufenlos auf "spät" eingestellt werden. Um diese Steuerung der Ventile 197 zu erzielen, dreht sich bei der in Fig. 14 dargestellten Anordnung die Nockenwelle für die Einlassventile im Uhrzeigersinn und bei den Auslassventilen gegen den Uhrzeigersinn. Da die Hubventilsteuerungen für die Einlass- und Auslassventile im Normalfall zueinander spiegelbildlich angeordnet sind, können die Hubventilsteuerungen für die Einlass- und Auslassventile durch eine Nockenwelle angetrieben werden.

[0129] Der Kipphebel 205 kann auch als Winkelhebel ausgebildet sein, wobei der Kipphebel 205 im Bereich seines Drehgelenkes abgewinkelt ist.

[0130] Durch eine Anordnung der Hubventilsteuerung über Kopf kann diese etwa in einem Kurbelgehäuse angeordnet werden, von wo der Kipphebel 205 über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

[0131] Bei einer Anordnung der Hubventilsteuerungen im Zylinderkopf über Kopf können die Ventile 197 über eine im Bereich der Rolle 208 angeordnete Kontaktfläche des als Schwinghebel ausgebildeten Kipphebels 205 direkt betätigt werden.

[0132] Fig. 15 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0133] Für die Betätigung der Ventile 215 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 216 auf, der an seinem einen Ende über seine Nockenrolle 217 von oben durch einen Nocken 218 angetrieben wird und an seinem anderen Ende auf einer Steuerwelle 219 gelagert ist. Unter dem Schwinghebel 216 ist ein weiterer Schwinghebel 220 angeordnet, der an seinem einen Ende etwa unter der Nockenrolle 217 des Schwinghebels 216 auf dem Gelenkpunkt 221 eines im Zylinderkopf angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselementes 222 gelagert ist und an seinem anderen Ende etwa unter der Steuerwelle 219 die Ventile 215 über beiderseitig Führungsschienen 223 aufweisende Kontaktflächen 224 betätigt. Der Schwinghebel 216 weist eine geradlinige Kontaktfläche 225 und der Schwinghebel 220 eine geradlinige Kontaktfläche 226 auf, wobei die Kontaktflächen 225 und 226 aufeinander gerichtet sind. In beide Kontaktflächen 225 und 226 greift eine Rolle 227 ein, die durch einen Gelenkstab 228, der über einen Gelenkpunkt 229 eines Stellhebels 230 angetrieben wird, für die Herstellung eines Verstellvorganges auf den Kontaktflächen 225 und 226 hin

und her bewegt wird, wobei der Stellhebel 230 selbst von einer Steuerwelle 219 angetrieben wird. Hierbei werden die wirksamen Hebel des von dem Nocken 218 über die Nockenrolle 217 angetriebenen Schwinghebels 216 und des über die Rolle 227 angetriebenen, die Ventile 215 betätigenden Schwinghebels 220 gegensätzlich in ihrer Länge verändert, so dass ein kurzer Verstellweg erzielt wird. Die beiden Kontaktflächen 225 und 226 verlaufen, wenn die Hubventilsteuerung die Ventile 215 nicht betätigt sind, zueinander parallel, wodurch das Ventilspiel hierbei während eines Verstellvorganges nicht verändert wird.

[0134] Der Verstellweg des Gelenkpunktes 229 des Stellhebels 230 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Gelenkpunkt 229 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird der Ventilhub in seiner Länge verkürzt. Hierbei ist in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 215 eingestellt. Befindet sich der Gelenkpunkt 229 in dem Bereich des Stellpunktes C, weist dort der Schwinghebel 216 eine sich an seine Kontaktfläche 225 anschließende, um seine Drehachse kreisförmig verlaufende Kontaktfläche 231 auf, wobei durch den Eingriff der Rolle 227 in die Kontaktfläche 231 keine Hubbewegungen der Ventile 215 erzeugt werden. Hierbei bewegt sich der Schwinghebel 216 mit seiner Nockenrolle 217 durch den Eingriff des Nockens 218 und durch die Schwerkraft aus dem Eingriffskreis des Nockens 218 und legt sich auf dem Schwinghebel 220 ab. Hierdurch kann auf die Anordnung einer Rückstellfeder verzichtet werden. Ist der Gelenkpunkt 229 im Bereich des Stellpunktes D, greift die Rolle 227 in eine auf dem Schwinghebel 220 angeordnete Stellnase 232 ein, wodurch der Schwinghebel 220 bewegt und hierdurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 215 hergestellt wird. Hierbei dient die um die Drehachse des Schwinghebels 216 und der Steuerwelle 219 verlaufende Kontaktfläche 231 des Schwinghebels 216 für die Rolle 227 als Widerlager. Die Stellnase 232 wird durch ihre verminderte Breite nur von der Rolle 227 beaufschlagt. Durch eine Veränderung der Stellung der Rolle 227 auf der Stellnase 232 wird die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile 215 stufenlos verändert.

[0135] Durch eine Anordnung der Hubventilsteuerung der Fig. 15 über Kopf, wobei die Hubventilsteuerung in einem Kurbelgehäuse angeordnet ist, wird es ermöglicht, dass von dem Schwinghebel 220 ein im Zylinderkopf angeordneter Kipphebel über eine Stößelstange angetrieben wird.

[0136] Fig. 16 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung vorgenommen, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0137] Für die Betätigung der Ventile 233 weist die Hubventilsteuerung einen Schwinghebel 234 auf, der an seinem einen Ende über seine Nockenrolle 235 durch einen Nocken 236 angetrieben wird und an seinem anderen Ende in einem Gelenkpunkt 237 eines von einer Steuerwelle 238 angetriebenen, gabelförmigen, etwa aus zwei Flachstäben gefertigten Stellhebels 239 gelagert ist, der den Schwinghebel 234 mit seinen Gabelholmen führt. Unter dem Schwinghebel 234 ist ein weiterer Schwinghebel 240 angeordnet, der im Bereich der Nockenrolle 235 des Schwinghebels 234 auf dem Gelenkpunkt 241 eines im Zylinderkopf angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselementes 242 gelagert ist und im Bereich des Gelenkpunktes 237 des Stellhebels 239 die Ventile 233 über die Kontaktfläche 243 betätigt. Um ein Verschwenken des Schwinghebels 240 auf dem Gelenkpunkt 241 um

die Längsachse des Ventilspiel-Ausgleichselementes 242 zu verhindern, weisen die auf die Ventile 233 gerichteten Kontaktflächen 243 beiderseitig angeordnete Führungsschienen 244 auf. Der obere Schwinghebel 234 weist eine kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche 245 auf. In diese Kontaktfläche 245 greift eine etwa mittig auf dem unteren Schwinghebel 240 angeordnete Rolle 246 ein. Für die Herstellung eines Verstellvorganges wird der Schwinghebel 234 durch den von der Steuerwelle 238 in Drehung versetzten Stellhebel 239 über den Gelenkpunkt 237 hin und her bewegt. Um das Ventilspiel während eines Verstellvorganges in dem Verstellbereich von der maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 233 nicht zu verändern, wenn sich die Nockenrolle 235 auf dem Nockengrundkreis befindet, ist zwischen dem Grundkreis des Nockens 236 und der Nockenrolle 235 des Schwinghebels 234 sowie zwischen der Rolle 246 des Schwinghebels 240 und der Kontaktfläche 245 des Schwinghebels 234 ein parallel geführter Kreiseingriff vorgesehen, bei dem eine Parallelführung für den Schwinghebel 234 selbst und zwischen dem Schwinghebel 234 und dem Schwinghebel 240 hergestellt ist. Bei dem parallel geführten Kreiseingriff verlaufen die Verbindungslinie der Drehachsen des Nockens 236 und der Nockenrolle 235 sowie die Verbindungslinie der Drehachsen der Steuerwelle 238 und des Gelenkpunktes 237 auf dem Stellhebel 239 sowie die Verbindungslinie des Eingriffspunktes der Rolle 246 auf der Kontaktfläche 245 des Schwinghebels 234 und der Drehachse der Rolle 246 immer parallel zueinander, wenn die Nockenrolle 235 in den Grundkreis des Nockens 234 eingreift. Die Radiuslänge R der während eines Verstellvorganges erfolgenden Kreisbewegung der Nockenrolle 235 um die Drehachse des Nockens 236 setzt sich aus der Radiuslänge R1 des Grundkreises des Nockens 236 und der Radiuslänge R2 der Nockenrolle 235 zusammen. Hierbei entspricht die Abstandslinie L zwischen der Drehachse der Steuerwelle 238 und der Drehachse des Gelenkpunktes 237 auf dem Stellhebel 239 der Radiuslänge R. Somit ist  $L = R = R1 + R2$ . Da die Kontaktfläche 245 des Schwinghebels 234 nach innen gewölbt ist, wird die Radiuslänge R3 der Kontaktfläche 245 um den Radius R4 der Rolle 246 vergrößert, damit auch der Schwinghebel 234 um die Rolle 246 eine Kreisbewegung in der Radiuslänge R ausführen kann. Somit ist  $R3 = R + R4$ . Der Verstellweg des Gelenkpunktes 237 von dem Stellhebel 239 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Gelenkpunkt 237 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird der Ventilhublänge verkürzt. Hierbei ist in dem Stellpunkt A die maximale Ventilhublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches Schließen der Ventile 233 eingestellt. In dem Bereich des Stellpunktes C weist der Schwinghebel 234 eine sich an seine Kontaktfläche 245 anschließende, nach außen gewölbte, kreisförmig um seine Drehachse verlaufende Kontaktfläche 247 auf, wodurch bei einem erfolgenden Eingriff der Rolle 246 in die Kontaktfläche 247 keine Hubbewegungen der Ventile 233 erzeugt werden. Hierbei bewegt sich der Schwinghebel 234 mit seiner Nockenrolle 235 durch den Eingriff des Nockens 236 und durch die Schwerkraft aus dem Eingriffskreis des Nockens 236 und legt sich auf dem Schwinghebel 240 ab. Hierdurch kann auf die Anordnung einer Rückstellfeder verzichtet werden. Für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile 233 weist der gabelförmige, etwa aus zwei Flachstäben gefertigte Stellhebel 239 Stellnasen 248 auf, welche hierfür durch ihren Eingriff in die Rolle 246 den Schwinghebel 246 bewegen, wodurch die Ventile 233 betätigt werden, wenn sich der Gelenkpunkt 237 des Stellhebels 239 in dem Bereich des Stellpunktes D befindet. Durch eine

Veränderung der Position der Stellnasen 248 auf der Rolle 246 kann die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung stufenlos eingestellt werden.

[0138] Bei dem Verstellen des Gelenkpunktes 237 des Stellhebels 239 zwischen den Stellpunkten A-C bewegt sich die Nockenrolle 235 des Schwinghebels 234 auf der Eingriffsfläche des Nockens 236, wodurch auf einfache Weise eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung hergestellt wird und ein Nockenwellenversteller ersetzt wird. Hierbei kann in vorteilhafter Weise, wenn die Kraftmaschine von dem Volllastbereich in einen Teillastbereich gestellt wird, zum einen eine Verkürzung der Ventilhublänge eingestellt werden, wobei gleichzeitig bei den Einlassventilen das Schließen stufenlos auf "früh" und bei den Auslassventilen das Öffnen stufenlos auf "spät" eingestellt werden. Bei der in der Fig. 16 dargestellten Anordnung muss sich hierfür die Nockenwelle für die Einlassventile gegen den Uhrzeigersinn und bei den Auslassventilen im Uhrzeigersinn drehen. Hierdurch können die Hubventilsteuerungen für die Einlass- und Auslassventile gemeinsam durch eine etwa mittig angeordnete Nockenwelle angetrieben werden, wenn, wie im Normalfall üblich, die Einlass- und die Auslassventile zueinander auf der entgegengesetzten Seite der Nockenwelle angeordnet sind, wobei hier bei einem Zylinderkopf, der zwei Einlass- und zwei Auslassventile aufweist, ein mittig angeordneter Schwinghebel etwa über einen Waagebalken die Einlassventile betätigt und die Auslassventile von zwei an den beiden Längsseiten des mittleren Schwinghebels angeordneten Schwinghebeln betätigt werden.

[0139] Durch eine Anordnung der Hubventilsteuerung über Kopf kann diese in einem Kurbelgehäuse angeordnet werden, von wo der Schwinghebel 240 einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel über eine Stößelstange antreibt.

[0140] Fig. 17, 18 und 19 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung vorgenommen, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können, wobei die Hubventilsteuerung das Prinzip der Kinetik der Fig. 16 aufweist, jedoch gegenüber der Hubventilsteuerung gemäß der Fig. 16 einen verminderten Raumbedarf aufweist und für den gleichzeitigen Antrieb von zwei Ventilen vorgesehen ist.

[0141] Im Gegensatz zu der Hubventilsteuerung gemäß Fig. 16 besitzt der Schwinghebel 249 in Fig. 17, um den Raumbedarf der Hubventilsteuerung zu vermindern, als Freiraum für den Nocken 250 mittig eine Ausnehmung 251, welche die Erhebung des Nockens 250 berührungsfrei durchläuft, wobei der Schwinghebel 249 in dem Bereich der Ausnehmung 251 ein in die Richtung des Nockens 250 geöffnetes, tragfähiges U-Profil aufweist. Gemäß Fig. 18 besitzt die Hubventilsteuerung unter dem Schwinghebel 249 für die Betätigung von zwei Ventilen 252 einen weiteren hier in der Draufsicht dargestellten, gabelförmigen Schwinghebel 253, wobei der Schwinghebel 253 nur von einem im Zylinderkopf angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselement 254 beaufschlagt wird. Da die Ventile 252 unterschiedlich hohe Kontaktflächen aufweisen können, die durch Fertigungstoleranzen, eine unterschiedliche Bearbeitung der Ventilsitze und unterschiedliche Wärmedehnungen der Ventile 252 herrühren können, werden unterschiedlich hohe Kontaktflächen der Ventile 252 durch eine entsprechende Schrägstellung des gabelförmigen Schwinghebels 253 ausgeglichen, wobei der Schwinghebel 253 über eine als Pendelrollenlager ausgebildete Rolle 255, von dem obe-

ren Schwinghebel 249 durch den Eingriff der Rolle 255 in seine Kontaktfläche 256 angetrieben wird. Als Rollen 255 können anstelle der Pendelrollenlager auch Pendelkugella-  
ger und Kugelgelenke eingesetzt werden. Der Außenring der Rolle 255 weist für seine hier erforderliche Längsfüh-  
rung einen umlaufenden Führungsring 257 auf, der in eine in die Kontaktfläche 256 des oberen Schwinghebels 249 ein-  
gebrachte Längsnut 258 eingreift, so dass über die Rolle 255 der untere Schwinghebel 253 trotz seiner Schrägstellung  
von dem oberen Schwinghebel 249 ohne eine Kantenpres-  
sung angetrieben werden kann. Der Außenring der Rolle 255 kann anstelle eines Führungsringes eine umlaufende  
Nut aufweisen, in die ein Führungsring der Kontaktfläche 256 des oberen Schwinghebels 249 eingreift. Weiterhin  
kann der Außenring der Rolle 255 für seine Längsführung an seinen Stirnflächen durch an beiden Seiten der Kontakt-  
fläche 256 angeordnete Führungsschienen oder durch eigen-  
e, äußere Spurkränze geführt werden. Die Rolle 255 kann auch einen balligen Außenring aufweisen, der in einer  
entsprechend ausgebildeten Hohlkehle der Kontaktfläche 256 des oberen Schwinghebels 249 längs geführt ist. Die  
Ventile 252 werden von dem unteren Schwinghebel 253 für die Erzielung eines optimalen Kontaktes bei einer möglichen  
Schrägstellung des unteren Schwinghebels 253 über abgeflachte Kugelgelenke 259 betätigt, die auch als Elefanten-  
füße bezeichnet werden. In der Fig. 19 ist ein Querschnitt des unteren Schwinghebels 253 und der als Pendelrollenlager  
ausgebildeten Rolle 255 dargestellt. Für ihre Halterung ist die Rolle 255 auf einer in die Gabelholme des Schwing-  
hebels 253 für die Erhöhung der Festigkeit des Schwinghebels 253 eingepressten Achse 260 gelagert, wobei die Achse  
260, um die Baugröße und das Gewicht des Schwinghebels 253 gering zu halten, mit dem Innenring der Rolle 255 inte-  
griert ist. Der Schwinghebel 253 ist zweiteilig ausgeführt und besitzt im Bereich des Ventilspiel-Ausgleichselementes  
254 eine verschraubte Stoßfuge, um eine Montage der Achse 260 zu ermöglichen. Da der Gelenkpunkt 261 des  
Ventilspiel-Ausgleichselementes 254 hierbei in der Stoßfuge des unteren Schwinghebels 253 liegt, kann für eine  
Verbesserung der Kontaktfläche des Gelenkpunktes 261 eine entsprechende Lagerbuchse angeordnet werden.

[0142] Für den Antrieb von vier in einem Zylinderkopf angeordneten Ventilen 252, wobei die Einlass- und die Aus-  
lassventile 252 voneinander getrennt, beiderseitig zu einer Nockenwelle angeordnet sind, können, um Raum zu sparen,  
etwa zwei Ventile 252 durch einen mittig angeordneten, gegabelten Schwinghebel 253 und zwei Ventile 252 durch  
zwei beiderseitig von dem Schwinghebel 253, spiegelbildlich zu dem Schwinghebel 253 angeordnete Schwinghebel  
betätigt werden. Hierbei können alle Schwinghebel durch eine etwa mittig angeordnete Nockenwelle angetrieben wer-  
den und auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement gelagert sein.

[0143] Fig. 20 zeigt eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der  
Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung und ein  
kontinuierliches Schließen sowie eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0144] Der Schwinghebel 262 weist, um den Raumbedarf der Hubventilsteuerung zu vermindern, als Freiraum für den  
Nocken 263 mittig eine Ausnehmung 264 auf, welche die Erhebung des Nockens 263 berührungsfrei durchläuft, wo-  
bei der Schwinghebel 262 in dem Bereich der Ausnehmung 264 ein in die Richtung des Nockens 263 geöffnetes U-Pro-  
fil aufweist. Gemäß Fig. 20 besitzt die Hubventilsteuerung für die Betätigung eines Ventiles 265 oder mehrerer Ventile  
265 einen Stößel 266 oder Stößel 266 in entsprechender An-

zahl, die von dem Schwinghebel 262 angetrieben werden und als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet sein kön-  
nen. Der Stößel 266, in seiner Führungsbohrung drehfest ge-  
halten, greift mit einer kreisförmig nach außen gewölbten  
Kontaktfläche 267 in die kreisförmig nach innen gewölbte  
Kontaktfläche 268 des Schwinghebels 262 ein. Die Kontakt-  
fläche 267 des Stößels 266 ist aus einem Vierkant gefertigt,  
so dass die Kontaktfläche 267 die Mantelfläche eines Halb-  
zylinders als Oberfläche aufweist. Auf dem Stößel 266 kann  
auch eine Rolle angeordnet sein, die in die Kontaktfläche  
268 des Schwinghebels 262 eingreift. Während eines Ver-  
stellvorganges, bei dem sich die Nockenrolle 269 auf dem  
Nockengrundkreis befindet, führt der Schwinghebel 262  
eine parallel geführte Kreisbewegung aus, die dadurch be-  
wirkt wird, dass der Schwinghebel 262 zum einen sich an  
seinem einen Ende mit seiner Nockenrolle 269 auf dem  
Grundkreis des Nockens 263 in einem Kreisbogen abrollt  
und zum anderen an seinem anderen Ende durch den Gelenk-  
punkt 270 eines von einer Steuerwelle 271 angetriebe-  
nen Stellhebels 272 in einem Kreisbogen geführt wird, wo-  
bei beide Kreisbögen eine gleiche Radiuslänge besitzen.  
Hierbei entspricht der Abstand L dem Abstand von der  
Drehachse der Steuerwelle 271 zu der Drehachse des Gelenk-  
punktes 270 auf dem Stellhebel 272 und der Summe aus  
der Radiuslänge R2 des Nockengrundkreises und der Radi-  
uslänge R3 der Nockenrolle 269.

[0145] Da die Kontaktfläche 268 des Schwinghebels 262  
nach innen gewölbt ist, ergibt sich, um einen parallel geführ-  
ten Kreiseingriffs des Schwinghebels 262 zu erzielen, für  
die Kontaktfläche 268 eine Radiuslänge R, die sich aus dem  
Abstand L und der Radiuslänge R1 der kreisförmigen Kon-  
taktfläche 267 des Stößels 266 zusammensetzt. Somit ist  $R = L + R1$  und  $L = R2 + R3$ . Solange sich die Nockenrolle 269  
auf dem Grundkreis des Nockens 263 befindet, verharrt der  
Stößel 266 während eines Stellvorganges im Stillstand,  
wodurch das Ventilspiel konstant bleibt. In den Verstellposi-  
tionen von der maximalen Hublänge bis zu einem kontinu-  
ierlichen Schließen der Ventile 265 verlaufen die Verbin-  
dungslinie L zwischen der Drehachse der Steuerwelle 271  
und der Drehachse des Gelenkpunktes 270 auf dem Steuer-  
hebel 272, die Verbindungslinie L zwischen der Drehachse  
des Nockens 263 und der Drehachse der Nockenrolle 269  
sowie die den Eingriffspunkt der Kontaktfläche 267 des Stö-  
ßels 266 auf der Kontaktfläche 268 des Schwinghebels 262  
und den Mittelpunkt der kreisförmigen Kontaktfläche 267  
des Stößels 266 durchlaufende Verbindungslinie parallel zu-  
einander. Die Längsachse des Stößels 266 sollte hierbei zu  
der Längsachse des Schwinghebels 262 in einem derartigen  
Winkel verlaufen, dass sich in dem überwiegend eingestell-  
ten Verstellbereich der kürzeste Gleitweg zwischen der  
Kontaktfläche 267 des Stößels 266 und der Kontaktfläche  
268 des Schwinghebels 262 ergibt.

[0146] Der Verstellweg des Gelenkpunktes 270 von dem  
Stellhebel 272 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Be-  
wegt sich der Gelenkpunkt 270 von dem Stellpunkt A in die  
Richtung des Stellpunktes C, wird der Ventilhublänge ver-  
kürzt. Hierbei ist in dem Stellpunkt A die maximale Ventil-  
hublänge, in dem Stellpunkt B eine mittlere Ventilhublänge  
und in dem Bereich des Stellpunktes C ein kontinuierliches  
Schließen der Ventile 265 eingestellt. In dem Bereich des  
Stellpunktes C, weist der Schwinghebel 262 eine sich an  
seine Kontaktfläche 268 anschließende, nach außen ge-  
wölbte, kreisförmig um seine Drehachse verlaufende Kon-  
taktfläche 273 auf, wodurch bei einem erfolgreichen Eingriff  
der Kontaktfläche 267 des Stößels 266 in die Kontaktfläche  
273 die Ventile 265 nicht betätigt werden. Hierbei stellt sich  
der Schwinghebel 262 mit seiner Nockenrolle 269 durch  
den Eingriff des Nockens 263 und durch die Schwerkraft an-

getrieben aus dem Eingriffskreis des Nockens 263 und legt sich auf dem Zylinderkopfboden ab. Für die Herstellung einer kontinuierlichen Ventilöffnung weist der gegabelte Stellhebel 272 an jedem Gabelholm eine Stellnase 274 auf, wobei beide Stellnasen 274 hierfür den Stößel 266 durch den Eingriff in seine Kontaktfläche 267 bewegen und hierdurch die kontinuierliche Öffnung der Ventile 265 herstellen, wenn sich der Gelenkpunkt 270 in dem Bereich des Stellpunktes D befindet. Durch eine Veränderung der Position der Stellnasen 274 auf der Kontaktfläche 267 des Stößels 266 kann die Ventilhublänge während der kontinuierlichen Öffnung des Ventiles 265 stufenlos eingestellt werden. Wird der Stellhebel 272 zwischen den Stellpunkten A-C verschwenkt, bewegt sich die Nockenrolle 269 des Schwinghebels 262 auf der Eingriffsfläche des Nockens 263, wodurch auf einfache Weise eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung hergestellt und ein Nockenwellenverstärker ersetzt wird. Hierbei kann in vorteilhafter Weise, wenn die Kraftmaschine von dem Vollastbereich in einen Teillastbereich gestellt wird, zum einen eine Verkürzung der Ventilhublänge eingestellt werden, wobei gleichzeitig bei den Einlassventilen das Schließen stufenlos auf "früh" und bei den Auslassventilen das Öffnen stufenlos auf "spät" eingestellt werden. Bei in der Fig. 20 dargestellten Anordnung dreht sich hierfür die Nockenwelle für die Einlassventile gegen den Uhrzeigersinn und bei den Auslassventilen im Uhrzeigersinn. Da die Hubventilsteuerungen für die Einlass- und Auslassventile im Normalfall zueinander spiegelbildlich angeordnet sind, kann der Antrieb der Hubventilsteuerungen für die Einlass- und Auslassventile durch eine Nockenwelle erfolgen.

[0147] Die Kontaktfläche 267 des Stößels 266 kann auch die Form einer Halbkugel oder einer Kalotte aufweisen, wobei hier die Kontaktfläche 268 des Schwinghebels 262 eine entsprechende kreisförmige Hohlkehle aufweist und der Stößel 266 drehbar in seiner Führungsbohrung angeordnet sein kann.

[0148] Für die Betätigung einer Einspritzpumpe kann der Stößel als Pumpenkolben ausgeführt sein, wodurch in vorteilhafter Weise durch die Hubventilsteuerung die Regelung der Einspritzmenge energiesparend durch eine stufenlose Verstellung des Pumpenhubes bei einer gleichzeitig erfolgenden stufenlosen Verstellung des Einspritzzeitpunktes erfolgt.

[0149] Durch eine Anordnung der Hubventilsteuerung über Kopf kann diese etwa in einem Kurbelgehäuse angeordnet werden, von wo der Stößel 266 einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel über eine Stößelstange antreibt.

[0150] Fig. 21 und 22 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge stufenlos verändert, stufenlos Phasenverschiebungen der Ventilbetätigung und ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile hergestellt werden können.

[0151] Für die Betätigung der Ventile 275 weist die Hubventilsteuerung einen bogenförmigen Schwinghebel 276 auf, der an seinem einen Ende über eine Nockenrolle 277 durch einen Nocken 278 angetrieben wird und an seinem anderen Ende in dem Gelenkpunkt 279 eines von einer Steuerwelle 280 angetriebenen Stellhebels 281 gelagert ist. Anstelle eines bogenförmigen Schwinghebels 276 kann auch ein t-förmiger Schwinghebel eingesetzt werden. Für die Betätigung zweier Ventile 275 sind beiderseitig von dem bogenförmigen Schwinghebel 276 jeweils auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement 282 gelagerte Schwinghebel 283 angeordnet, wobei die Ventilspiel-Ausgleichselemente 282 im Zylinderkopf angeordnet sind. Sollen ein Ventil 275 oder

drei Ventile 275 betätigt werden, sind zwei bogenförmige Schwinghebel 276 angeordnet, wobei für die Betätigung eines Ventiles 275 zwischen den bogenförmigen Schwinghebeln 276 ein Schwinghebel 283 und für die Betätigung von drei Ventilen 275 an beiden Außenseiten der bogenförmigen Schwinghebel 276 je ein weiterer Schwinghebel 283 angeordnet sind. Zwischen beiden bogenförmigen Schwinghebeln 276 ist die Nockenrolle 277 auf einer die beiden bogenförmigen Schwinghebel 276 verbindenden Achse angeordnet. Gemäß Fig. 21 und 22 ist der bogenförmige Schwinghebel 276 durch zwei aus Flachstäben gefertigte Gelenkstäbe 284 mit den beiden, die Ventile 275 betätigenden Schwinghebeln 283 verbunden, wobei die Gelenkstäbe 284 zum einen eine obere Achse 285 aufweisen, die in den beiden Schwinghebeln 283 drehbar gelagert ist und zum anderen eine untere Achse 286 aufweisen, die in dem bogenförmigen Schwinghebel 276 drehbar gelagert ist. Die Gelenkstäbe 284 können auch einteilig ausgeführt und auch mit der Schwinghebel 283 antreibenden Achse 285 integriert sein. Das Ventilspiel wird während eines Stellvorganges von der maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 275, solange die Nockenrolle 277 in den Nockengrundkreis eingreift, dadurch nicht verändert, dass der bogenförmige Schwinghebel 276 an seinem Gelenkpunkt 279 durch den Stellhebel 281 in einem Kreisbogen geführt wird, der eine Radiuslänge der Kreisbögen aufweist, welcher gleich der Länge (L) und der Radiuslänge der Kreisbögen ist, auf denen sich die Drehachse der sich auf dem Grundkreis des Nockens 278 abrollenden Nockenrolle 277 um die Drehachse des Nockens 278 und sich die Drehachse der im bogenförmigen Schwinghebel 276 gelagerten, unteren Achse 286 der Gelenkstäbe 284, durch die Gelenkstäbe 284 geführt, um die Drehachse der in den beiden Schwinghebeln 283 gelagerten oberen Achse 285 bewegt. Hierbei verlaufen während einer Stellbewegung von einer maximalen Hublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile 275 die Systemlinien, welche die Drehachse des Nockens 278 mit der Drehachse der Nockenrolle 277, die Drehachse der oberen Achse 285 mit der Drehachse der unteren Achse 286 auf den Gelenkstäben 284 und die Drehachse der Steuerwelle 280 mit der Drehachse des Gelenkpunktes 279 auf dem Stellhebel 281 verbinden, immer parallel zueinander, solange die Nockenrolle 277 sich auf dem Nockengrundkreis befindet. Der bogenförmige Schwinghebel 276 führt hierdurch eine parallel geführte Kreisbewegung aus, wodurch die Schwinghebel 283 im Stillstand gehalten werden. Um ein Verschwenken der Schwinghebel 283 um die Längsachse der Ventilspiel-Ausgleichselemente 282 zu verhindern, weisen die auf die Ventile 275 gerichteten Kontaktflächen 287 beiderseitig angeordnete Führungsschienen 288 auf. Ist die Hubventilsteuerung für eine Betätigung der Ventile 275 eingestellt, werden bei einem Krafteingriff des Nockens 278 auf die Nockenrolle 277 die Gelenkstäbe 284 durch den bogenförmigen Schwinghebel 276 über die untere Achse 286 mit einer Zugkraft beaufschlagt, wodurch über die obere Achse 285 die Schwinghebel 283 angetrieben und hierdurch die Ventile 275 betätigt werden. Mit der Einstellung einer Veränderung der Ventilhublänge wird durch den wandernden Eingriff der Nockenrolle 277 auf der Nockenbahn gleichzeitig eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung hergestellt.

[0152] Der Verstellweg des den bogenförmigen Schwinghebel 276 führenden Gelenkpunktes 279 ist durch die Stellpunkte A-D unterteilt. Bewegt sich der Gelenkpunkt 279 von dem Stellpunkt A in die Richtung des Stellpunktes C, wird die Ventilhublänge verkürzt. In dem Stellpunkt A ist die maximale Ventilhublänge eingestellt, in dem Stellpunkt

B ist eine mittlere Ventilhublänge und in dem Bereich des Stellpunktes C ist ein kontinuierliches Schließen der Ventile 275 eingestellt. Hierbei ist in dem Stellpunkt A der Winkel  $\alpha$ , dessen Scheitelpunkt in der Drehachse der unteren Achse 286 liegt, zwischen der Systemlinie der Gelenkstäbe 284 und der Systemlinie, die von der Drehachse der unteren Achse 286 zu der Drehachse des Gelenkpunktes 279 führt, am größten, wobei diese Systemlinie durch die Biegesteifigkeit des bogenförmigen Schwinghebels 276 als Stab betrachtet werden kann. Während der Verstellbewegung von dem Stellpunkt A über den Bereich des Stellpunktes B in die Richtung des Stellpunktes C vermindert sich die Größe des Winkels  $\alpha$ , wobei im Bereich des Stellpunktes C der Winkel  $\alpha$  die Größe 0 annimmt, wodurch der bogenförmige Schwinghebel 276 keine Kraft mehr über die Gelenkstäbe 284 auf die Schwinghebel 283 übertragen kann, sich mit seiner Nockenrolle 277, durch den Nocken 278 und durch die Schwerkraft angetrieben, aus dem Eingriffskreis des Nockens 278 bewegt, sich auf ein Widerlager 289 ablegt und ein kontinuierliches Schließen der Ventile 275 herbeiführt. Bewegt sich der Gelenkpunkt 279 des bogenförmigen Schwinghebels 276 in den Bereich des Stellpunktes D, wird eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 275 dadurch hergestellt, dass der den bogenförmigen Schwinghebel 276 an dem Gelenkpunkt 279 mittels einer Gabel umfassende Stellhebel 281 an beiden Gabelholmen eine Stellnase 290 aufweist, die durch den Kontakt mit der oberen Achse 285 der Gelenkstäbe 284 die Schwinghebel 283 nach unten bewegt und somit die Ventile 275 kontinuierlich betätigt. Die beiden Flachstäbe der Gelenkstäbe 283 bilden hierbei einen ausreichend großen Zwischenraum, so dass die beiden Stellnasen 290 den Kontakt mit der Achse 285 herstellen können. Durch eine Veränderung der Position der Stellarme 290 im Bereich des Stellpunktes D kann die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung variiert werden.

[0153] Da mit einer Veränderung der Ventilhublänge gleichzeitig eine Phasenverschiebung der Ventilbetätigung durchgeführt wird, kann hierdurch, wenn z. B. bei einer Verminderung der Drehzahl und Leistung der Kraftmaschine in vorteilhafter Weise eine Verkürzung der Ventilhublänge eingestellt wird, gleichzeitig bei den Einlassventilen 275 der Schließzeitpunkt in vorteilhafter Weise stufenlos auf "früh" gestellt werden, wenn die Drehachse des Nockens 278 entgegengesetzt zu der Drehrichtung der Steuerwelle 280 rotiert. Bei den Auslassventilen 275 kann hierbei mit einer Verminderung der Ventilhublänge gleichzeitig der Öffnungszeitpunkt in vorteilhafter Weise stufenlos auf "spät" gestellt werden, wenn die Drehachse des Nockens 278 in der Drehrichtung der Steuerwelle 280 rotiert.

[0154] Durch eine Anordnung der Hubventilsteuerung über Kopf, wobei die Hubventilsteuerung in einem Kurbelgehäuse angeordnet sein kann, können von einem oder mehreren Schwinghebeln 283 im Zylinderkopf angeordnete Kipphebel über Stößelstangen angetrieben werden.

[0155] Von den Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 9, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 20 und 21 können mehrere Einheiten nebeneinander angeordnet werden, wobei diese wechselseitig aktiviert werden können. Diese Hubventilsteuerungen weisen Stellhebel 127, 160, 189, 202, 230, 239, 272 oder 281 auf, die durch Schaltwellen, durch Pleuel, die von einer Kurbel- oder Exzenterwelle angetrieben werden, oder durch entsprechende Kurbelschleifen derart gesteuert werden, dass ein oder mehrere Ventile eines Zylinders über wechselseitig zu aktivierende Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel durch unterschiedliche Nocken angetrieben, abgeschaltet oder mit einer kontinuierlichen Öffnung beaufschlagt werden können. So können z. B. die Ventile einer Kraftmaschine für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch Nocken mit

zwei Erhebungskurven angetrieben werden, so dass im Zweitaktverfahren die Ansaugluft über eine Drosselklappe in das Ansaugsystem gepumpt wird. Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung und einer gleichzeitigen Energierückgewinnung kann die Ansaugluft im Zweitaktverfahren in einen Druckbehälter gepumpt und für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine diese Druckluft in der Kraftmaschine im Zweitaktverfahren entspannt werden.

[0156] Die Stellhebel 127, 160, 189, 230, 239, 272 und 281 können auch als Exzenter ausgebildet sein, wobei die Exzenter von Schubstangen angetrieben werden.

[0157] Die Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 13, 14, 15, 16, 17, 20 und 21 eignen sich in vorteilhafter Weise für die Betätigung von Einspritzpumpen, da durch diese Hubventilsteuerungen die Regelung der Einspritzmenge energiesparend durch eine stufenlose Längenveränderung des Pumpenhubs erfolgen kann. Mittels der Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 14, 16, 17, 20 und 21 wird mit einer stufenlosen Längenveränderung des Pumpenhubs auf einfache Weise gleichzeitig der Einspritzzeitpunkt stufenlos verstellt, wobei durch eine entsprechende Drehrichtung der Nockenwelle mit einer Verminderung der Einspritzmenge gleichzeitig der Einspritzzeitpunkt auf "spät" gestellt werden kann.

[0158] Fig. 23, 24 und 25 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos die Ventilhublänge und die Ventilöffnungsdauer verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können. Um die Anordnung von Rückstellfedern oder die gleichzeitige Anordnung von Öffnungs- und Schließnocken zu vermeiden, wird die Hubventilsteuerung durch eine Kurbel- oder Exzenterwelle über ein Pleuel angetrieben.

[0159] Für die Betätigung der Ventile 291 weist die Hubventilsteuerung einen auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement 292 gelagerten Schwinghebel 293 auf, der zwei Ventile 291, um ungleich hohe Kontaktflächen der Ventile 291 auszugleichen, über einen Waagebalken 294 antreibt. Hierbei ist das Ventilspiel-Ausgleichselement 292 in dem Zylinderkopf eingesetzt. Der Waagebalken 294 ist mittig in einem Drehgelenk 295 des Schwinghebels 293 um eine Achse drehbar gelagert, die etwa senkrecht zu den Längsachsen der Ventile 291 verläuft, wenn die Ventile 291 mit der Hälfte ihrer im Normalbetrieb eingestellten Hublänge betätigt sind. Für die Betätigung von zwei Ventilen 291 weist der Waagebalken 294 abgeflachte Kugelgelenke 296 auf, um in allen vorkommenden Betätigungspositionen der Ventile 291 eine einwandfreie Kraftübertragung gewährleisten zu können. Der Schwinghebel 293 weist eine Kontaktfläche 297 auf, in die eine auf einer Achse 298 angeordnete Rolle 299 eingreift, wobei die Achse 298 in den Bohrungen eines aus zwei Flachstäben gefertigten Pleuels 300 gehalten ist und die Rolle 299 zwischen beiden Flachstäben des Pleuels 300 auf der Achse 298 gelagert ist. An den Außenseiten der Flachstäbe des Pleuels 300 sind zwei weitere Rollen 301 auf der Achse 298 gelagert, die während einer Verstellbewegung abwechselnd in eine Grundkontaktfläche 302 und in die in verschiedenen Richtungen sich an die Grundkontaktfläche 302 anschließenden Kontaktflächen 303 und 304 einer Steuerwelle 305 eingreifen, wobei die mittlere Rolle 299 keinen Kontakt mit der Steuerwelle 305 besitzt. Das Pleuel 300 wird von einer Kurbel- oder Exzenterwelle 306 angetrieben und bewegt die Achse 298 mit den Rollen 299 und 301 während des Betriebes der Kraftmaschine in einer Schwingbewegung. Das Pleuel 300 kann auch cinteilig, aus einem Stab hergestellt sein, wobei die Achse 298 in den Bohrungen einer Gabel des Pleuels 300 befestigt und die Rolle 299 zwischen den Gabelholmen des Pleuels 300 auf

der Achse 298 gelagert ist. Die Kontaktfläche 297 des Schwinghebels 293 verläuft nach innen gewölbt in einem Kreisbogen, dessen Mittelpunkt, wenn die Ventile 291 geschlossen sind, in der Drehachse der Steuerwelle 305 liegt. Die Grundkontaktfläche 302 der Steuerwelle 305 verläuft nach außen gewölbt, kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle 305. Der Radius R der Kontaktfläche 297 des Schwinghebels 293 ergibt sich aus der Summe der Radiuslänge R1 der kreisförmigen Grundkontaktfläche 302 der Steuerwelle 305, der Radiuslänge R2 der beiden äußeren Rollen 301 und der Radiuslänge R3 der inneren Rolle 299. Somit ist  $R = R1 + R2 + R3$ . Für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile 291 greifen die beiden Rollen 301 in die beiden nebeneinander verlaufenden Grundkontaktflächen 302 der Steuerwelle 305 und die mittlere Rolle 299 in die Kontaktfläche 297 des Schwinghebels 293 ein, wobei die Achse 298 zwischen den Grundkontaktflächen 302 der Steuerwelle 305 und der Kontaktfläche 297 des Schwinghebels 293 eine Schwingbewegung in einem Kreisbogen ausführt und die Ventile 291 hierbei nicht betätigt werden. Die Länge der Grundkontaktfläche 302 und der Kontaktfläche 297 muss für die von den Rollen 299 und 301 ausgeführten Schwingbewegungen ausreichend sein. Für die Betätigung der Ventile 291 greifen die beiden Rollen 301 in die sich an die Grundkontaktflächen 302 der Steuerwelle 305 anschließenden, nach innen gewölbten, den Außendurchmesser der Steuerwelle 305 erheblich überragenden Kontaktflächen 303 ein, wobei hierfür die Steuerwelle 305 aus der Position des kontinuierlichen Schließens der Ventile 291 entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn verdreht wird. Während bei einem Eingriff der beiden äußeren Rollen 301 in den vorderen Bereich der Kontaktflächen 303 die Ventile 291 mit einer kurzen Ventilhublänge bei einer kurzen Ventilöffnungsdauer betätigt werden, wird durch ein weiteres Verdrehen der Steuerwelle 305 gegen den Uhrzeigersinn der Eingriff der Rollen 301 in den hinteren Bereich der Kontaktflächen 303 verlagert, wodurch eine Betätigung der Ventile 291 mit einer sich stufenlos vergrößernden Ventilhublänge bei einer sich stufenlos verlängernden Ventilöffnungszeit erzielt wird. Während einer Veränderung der Ventilöffnungszeit und der Ventilöffnungsdauer bewegen sich der Öffnungspunkt und der Schließpunkt der Ventile 291 mit einer etwa gleichen Drehwinkelgeschwindigkeit, in einander entgegengesetzter Drehrichtung. Die nach innen gewölbte Kontaktflächen 303 der Steuerwelle 305 sollte derart gestaltet sein, dass zu jeder einzustellenden Ventilhublänge eine optimale Ventilöffnungsdauer eingestellt ist. Kann die Kurbel- oder Exzenterwelle 306 durch einen stufenlos arbeitenden Drehwinkelversteller, wie dieser als Nockenwellenversteller verwendet wird, in ihrem Drehwinkel versteift werden, können hierbei der Ventilöffnungspunkt oder der Ventilschließpunkt auf einen optimalen Drehwinkel eingestellt werden, wobei hierbei auch eine optimale Ventilhublänge eingestellt ist. Mittels der Kurbel- oder Exzenterwellen 306 und den in die Kontaktflächen 303 eingreifenden Rollen 301 können Ventilerhebungskurven erzielt werden, die den durch Nocken erzeugten Ventilerhebungskurven ähnlich sind. Die für die Betätigung der Ventile 291 verwendeten Kontaktflächen 303 können auch s-förmig ausgebildet werden, wodurch fülligere Ventilerhebungskurven erzielt werden. Für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile 291 schließen sich an die Grundkontaktflächen 302 in zu den Kontaktflächen 303 entgegengesetzter Richtung die über Rampen 307 verbundenen, kreisförmig nach außen gewölbten Kontaktflächen 304 an, die einen größeren Radius als die Grundkontaktflächen 302 aufweisen und deren Kreismittelpunkt in der Drehachse der Steuerwelle 305 liegt. Durch ein Verdrehen der Steuerwelle 305 im Uhrzei-

gersinn werden die beiden äußeren Rollen 301 auf die Kontaktflächen 304 gestellt, wodurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile 291 eingestellt wird. Die Länge der Kontaktflächen 304 muss für die von den Rollen 301 ausgeführten Schwingbewegungen ausreichend sein. Durch eine hintereinander erfolgende Anordnung derartiger Kontaktflächen 304, die nacheinander einen größeren Radius aufweisen, können kontinuierliche Ventilöffnungen mit einem unterschiedlichen Ventilhub eingestellt werden. Auch können hier Kontaktflächen nutzbringend sein, die Wölbungen in unterschiedlichen Formen aufweisen wie etwa symmetrische oder asymmetrische, nach außen oder innen gekrümmte Wölbungen, wodurch während einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile 291 der Hub ihrer kontinuierlichen Öffnung in Abhängigkeit von der Drehzahl der Kurbel- oder Exzenterwelle 306 variiert werden kann.

[0160] Für den Antrieb nur eines Ventiles 291 entfällt der Waagbalken 294 und der Schwinghebel 293 treibt das Ventil 291 direkt über seine hierfür vorgesehene Kontaktfläche an. Ein gleichzeitiger Antrieb von drei Ventilen 291 kann durch die Hubventilsteuerung dadurch erfolgen, dass auf der Achse 298 an den Außenseiten der Rollen 301 je eine weitere Rolle 299 angeordnet ist, die auch einen Schwinghebel 293 über seine Kontaktfläche 297 antreibt, wobei jeder Schwinghebel 293 auf einem im Zylinderkopf angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselement 292 gelagert ist.

[0161] Eine Ausführung der Hubventilsteuerung in Anlehnung an die Hubventilsteuerung der Fig. 18 ist auch hier möglich, wobei die mittlere Rolle 299 der Achse 298 räumlich gelenkig ausgeführt ist und längs geführt in die Kontaktfläche 297 eines gabelförmigen, auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement 292 gelagerten Schwinghebels 253, Fig. 18 eingreift, wodurch gleichzeitig zwei Ventile 291 mit unterschiedlich hohen Kontaktflächen betätigt werden können.

[0162] Weiterhin kann die Hubventilsteuerung auch derartig gestaltet sein, dass zwei Ventile 291 gleichzeitig durch zwei Schwinghebel 293 angetrieben werden, wobei hierfür die Steuerwelle 305 nur eine Grundkontaktfläche 302 und jeweils eine Kontaktfläche 303 und 304 für eine mittig auf der Achse 298, zwischen den Flachstäben oder Gabelholmen des Pleuels 300 angeordnete Rolle 301 aufweist und die beiden Schwinghebel 293 über ihre Kontaktfläche 297 durch jeweils eine auf der Achse 298 an beiden Außenseiten der Flachstäbe oder der Gabelholme des Pleuels 300 angeordnete Rolle 299 angetrieben werden. Hierbei können auch die beiden Schwinghebel 293 miteinander verbunden sein, wodurch beide Schwinghebel 293 für eine automatische Ventilspieleinstellung gemeinsam von einem im Zylinder angeordneten Ventilspiel-Ausgleichselement 292 nachgestellt werden können.

[0163] Mittels der gemäß Fig. 23, 24 und 25 gestalteten Hubventilsteuerungen kann, wenn die Hubventilsteuerung über Kopf etwa in einem Kurbelgehäuse angeordnet ist, der Schwinghebel 293 einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel über eine Stößelstange antreiben, der dort ein oder mehrere Ventile betätigt.

[0164] Um Lagerungen der Pleuel 300 mit einem geteilten Pleuelfuß zu umgehen, können die Pleuel 300 für eine vereinfachte Montage in ihrer Längsrichtung, mittig durch ihre Lagerungsbohrungen z. B. mittels einer Bruchtrennung geteilt ausgeführt sein, wobei diese Pleuel 300 für ihre Montage, nachdem ihre geteilten Stäbe auf die Kurbelzapfen oder Exzenterseiben der Kurbel- oder Exzenterwellen 306 aufgesetzt sind und die Achse 298 in ihre entsprechenden Bohrungen der Pleuel 300 eingesetzt ist, quer zu ihrer Längsachse verschraubt oder durch andere Mittel wie Klammern miteinander verbunden werden. Um den Einsatz von geteilten Lagerschalen zu vermeiden, können die Pleuel 300

aus Lagerwerkstoff hergestellt sein.

[0165] Die Grundkontaktfläche 302 und die beiden Kontaktflächen 303 und 304 können in einem Ring eingearbeitet sein, der etwa mittels einer Press- oder Schraubverbindung auf der Steuerwelle 305 befestigt ist.

[0166] Fig. 26 und 27 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine die Ventilhublänge und die Ventilöffnungsdauer stufenlos verändert und ein kontinuierliches Schließen der Ventile eingestellt werden können. Eine kontinuierliche Öffnung der Ventile ist hierbei nur durch eine erhebliche Erhöhung des Raumbedarfs der Hubventilsteuerung möglich und ist in Fig. 26 und 27 nicht dargestellt. Um die Anordnung von Rückstellfedern oder die gleichzeitige Anordnung von Öffnungs- und Schließnocken zu vermeiden, wird die Hubventilsteuerung durch eine Kurbel- oder Exzenterwelle über ein Pleuel angetrieben.

[0167] Für die Betätigung der Ventile 308 weist die Hubventilsteuerung zwei auf einem eigenen Ventilspiel-Ausgleichselement 309 gelagerte Schwinghebel 310 auf, wobei die beiden Ventilspiel-Ausgleichselemente 309 im Zylinderkopf angeordnet sind. Die beiden Schwinghebel 310 weisen eine geradlinige Kontaktfläche 311 auf, in die jeweils eine auf einer Achse 312 angeordnete Rolle 313 eingreift, wobei die Achse 312 zwischen den beiden Rollen 313 in dem gabelförmigen Auge eines von einer Kurbel- oder Exzenterwelle 314 angetriebenen Pleuels 315 gelagert ist und zwischen den Gabelholmen des Pleuels 315 eine weitere Rolle 316 aufweist, die nacheinander in eine geradlinige Grundkontaktfläche 317 und in eine sich an diese anschließende, nach innen gewölbte Kontaktfläche 318 eines Gleitsteines 319 eingreift. Der Gleitstein 319, aus einem mit einer Platte verbundenen Rundprofil hergestellt, ist längsbeweglich und unverdrehbar in einem Halter 320 gelagert und wird über seine oben angeordnete Längsverzahnung durch die Drehung einer eine Verzahnung aufweisenden Steuerwelle 321 in seiner Längsrichtung verstellt, wobei die Steuerwelle 321 parallel zu der Kurbel- oder Exzenterwelle 314 verläuft. Die Grundkontaktfläche 317 und die sich hier anschließende Kontaktfläche 318 sind in die mit dem Rundprofil verbundene Platte des Gleitsteines 319 eingearbeitet. Der den Gleitstein 319 aufweisende Halter 320 ist zum einen durch die Steuerwelle 321 und zum anderen durch eine parallel zu der Steuerwelle 321 verlaufenden Haltestange 322 mittels in dem Halter 320 angeordneter Lagerungsbohrungen befestigt, wobei diese Lagerungsbohrungen für eine einfache Montage durch die Anordnung eines Abschlussdeckels 323 in geteilter Ausführung hergestellt sind. Für die aus Wälzlager gebildeten Rollen 313 und 316 sind die Innenringe in der Achse 312 integriert. Die Grundkontaktfläche 317 verläuft parallel zu der Längsachse des Gleitsteines 319. Sind die Ventile 308 geschlossen, verlaufen die Kontaktflächen 311 der Schwinghebel 310 parallel zu der Grundkontaktfläche 317 des Gleitsteines 319, wobei hier zwischen den Kontaktflächen 311 und der Grundkontaktfläche 315 ein Abstand vorhanden ist, welcher der Summe der Radiuslänge der Rollen 313 und der Radiuslänge der Rolle 316 entspricht, so dass die die Rollen 313 und 316 aufweisende Achse 312 hierbei auch ohne die Einwirkung der Ventilspiel-Ausgleichselemente 309 ohne ein Spiel geradlinig geführt ist. Während der Einstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile 308 führt die Rolle 316 während der Rotation der Kurbel- oder Exzenterwelle 314 ihre Schwingbewegung auf der hierfür eine genügende Länge aufweisenden Grundkontaktfläche 317 des Gleitsteines 319 aus, wobei diese Schwingbewegung auch von den beiden Rollen 313 auf den hierfür eine genügende Länge aufweisenden Kontaktflächen 311 der Schwinghebel 310 ausgeführt wird und

hierbei die Ventile 308 nicht betätigt werden. Für die Betätigung der Ventile 308 wird durch eine Drehbewegung der Steuerwelle 321 der Gleitstein 319 derart verstellt, dass die Rolle 316 während ihrer Schwingbewegung in die nach innen gewölbte Kontaktfläche 318 des Gleitsteines 319 eingreift. Erreicht die Rolle 316 den Anfangsbereich der Kontaktfläche 318, werden die Ventile 308 mit einer geringen Ventilhublänge und kurzen Ventilöffnungsdauer betätigt. Durch eine weitere Verstellung des Gleitsteines 319 entsteht ein weitergehender Eingriff der Rolle 316 in die Kontaktfläche 318, wodurch sich die Ventilhublänge vergrößert und die Ventilöffnungsdauer verlängert. Hierbei bewegen sich die Öffnungs- und die Schließpunkte der Ventile 308 etwa in einer gleichen Drehwinkelgeschwindigkeit, in einander entgegengesetzter Richtung. Die nach innen gewölbte Kontaktfläche 318 der Steuerwelle 321 sollte eine derartige Formgebung erhalten, dass zu jeder einzustellenden Ventilhublänge eine optimale Ventilöffnungsdauer eingestellt werden kann. Besitzt der Antrieb der Kurbel- oder Exzenterwelle 314 eine stufenlos arbeitende Drehwinkelverstellung, wie diese als Nockenwellenversteller eingesetzt wird, kann hierbei, wenn in Abhängigkeit von dem Drehzahl- und Leistungsbereich der Kraftmaschine in den entsprechenden Einstellpositionen hierfür durch die Formgebung der Kontaktfläche 318 die Ventilhublänge und gleichzeitig die Ventilöffnungsdauer optimal eingestellt sind, auch die Phase der Ventilöffnungsdauer eingestellt werden, so dass hierdurch eine optimale Einstellung der Ventilbetätigung in allen Drehzahl- und Leistungsbereichen der Kraftmaschine hergestellt werden kann. Mittels der Kurbel- oder Exzenterwellen 314 und der in die Kontaktflächen 318 eingreifenden Rollen 316 können Ventilerhebungskurven erzielt werden, die den durch Nocken erzeugten Ventilerhebungskurven ähnlich sind.

[0168] Der Antrieb des Gleitsteines 317 kann auch mittels eines über eine Kurbel- oder Exzenterwelle angetriebenen Pleuels, mittels einer Kurbelschleife und auch mittels einer Schaltwelle erfolgen, wobei der Gleitstein 317 bei einem Einsatz einer nur in einer Richtung antreibenden Schaltwelle durch eine Rückstellfeder oder einen Rückstellnocken zu beaufschlagen ist. Bei einer Anordnung einer Schaltwelle können einzelne Ventile oder Ventilgruppen 308 durch mehrere wechselseitig einschaltbare Hubventilsteuerungen angetrieben werden, wodurch diese Ventile 308 in unterschiedlichen Steuerprogrammen angetrieben werden können.

[0169] Fig. 28 und 29 zeigen eine im Zylinderkopf angeordnete Hubventilsteuerung, durch die während des Betriebes der Kraftmaschine stufenlos die Ventilhublänge und die Ventilöffnungsdauer verändert, ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt werden können. Um die Anordnung von Rückstellfedern oder die gleichzeitige Anordnung von Öffnungs- und Schließnocken zu vermeiden, wird die Hubventilsteuerung durch eine Kurbel- oder Exzenterwelle über ein Pleuel angetrieben.

[0170] Für die Betätigung eines Ventiles 324 weist die Hubventilsteuerung einen Stößel 325 auf, der als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet sein kann. Der Stößel 325, in einer Führungsbohrung des Zylinderkopfes drehfest gehalten, besitzt einen Kontaktteller 326, in dessen nach innen gewölbte Kontaktfläche 327 eine zwischen den Gabelholmen eines Pleuels 328 auf einer Achse 329 gelagerte Rolle 330 eingreift, wobei auf der Achse 329, an den beiden Außenseiten der Gabelholme des Pleuels 328 zwei weitere Rollen 331 auf der Achse 329 gelagert sind, die in die Grundkontaktflächen 332 und in die jeweils beiderseitig von den Grundkontaktflächen 332 angeordneten Kontaktflächen 333 und 334 der Steuerwelle 335 eingreifen. Hierbei sind die Grundkontaktflächen 332 kreisförmig nach außen ge-

wölbt, die Kontaktflächen 333 nach innen gewölbt, den Durchmesser der Steuerwelle 335 erheblich überragend und die Kontaktflächen 334 kreisförmig nach außen gewölbt, wobei die Radiuslänge der Kontaktfläche 334 größer ist als die der Grundkontaktfläche 332. Die Achse 329 ist in Bohrungen der Gabelholme des Pleuels 328 befestigt und wird von einer Kurbel- oder Exzenterwelle 336 über das Pleuel 328 angetrieben, wobei die Achse 329 zwischen den auf der oberen Seite liegenden Grundkontaktflächen 332, den Kontaktflächen 333 sowie 334 und der auf der unteren Seite liegenden Kontaktfläche 327 des Kontakttellers 326 eine Schwingbewegung ausführt.

[0171] Für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens des Ventiles 324 führen die beiden äußeren Rollen 331, von dem Pleuel 328 über die Achse 329 angetrieben, Schwingbewegungen auf den Grundkontaktflächen 332 der Steuerwelle 335 aus, während die mittlere, gleichfalls vom dem Pleuel 328 über die Achse 329 angetriebene Rolle 330 diese Schwingbewegungen auf der Kontaktfläche 327 des Kontakttellers 326 ausführt. Durch die hierbei konzentrische Anordnung der Grundkontaktflächen 332 und der Kontaktfläche 327, deren Kreismittelpunkt in der Drehachse der Steuerwelle 335 liegt, führen die Rollen 330 und 331 zwischen den Grundkontaktflächen 332 und der Kontaktfläche 327 ihre Schwingbewegung in einem Kreisbogen aus, ohne das Ventil 324 zu betätigen. Die Radiuslänge R der Kontaktfläche 327 des Kontakttellers 326 ergibt sich aus der Summe der Radiuslängen R1 der Grundkontaktfläche 332, R2 der Rolle 330 und R3 der Rollen 331. Somit ist  $R = R1 + R2 + R3$ . Für die Betätigung des Ventiles 324 wird die Steuerwelle 335 derart verdreht, dass die beiden Rollen 331 in die Kontaktflächen 333 eingreifen. Je weitergehender der Eingriff der Rollen 331 in die Kontaktflächen 333 erfolgt, je größer ist die erzeugte Ventilhublänge und Ventilöffnungs-  
dauer. Für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung des Ventiles 324 wird die Steuerwelle 335 derart verdreht, dass die beiden Rollen 331 ihre Schwingbewegungen auf den Kontaktflächen 334 ausführen, wodurch der Stößel 325 das Ventil 324 kontinuierlich in einer Hublänge öffnet, die sich aus der Differenz zwischen der Radiuslänge der Kontaktflächen 334 und der Radiuslänge R1 der Grundkontaktflächen 332 ergibt.

[0172] Über die Achse 329 können auch mehrere Stößel 325 angetrieben werden, wobei hier für den Antrieb jedes Stößels 325 eine Rolle 330 vorgesehen ist und, um die Biegemomente der Achse 329 gering zu halten, in jedem Zwischenraum der Stößel 325 eine Rolle 331 angeordnet ist, die wechselseitig in eine Grundkontaktfläche 332, in eine Kontaktfläche 333 oder in eine Kontaktfläche 334 der Steuerwelle 335 eingreift, wobei auch in jedem Zwischenraum der Rollen 330 und 331 ein Flachstab oder ein Gabelholm des Pleuels 328 angeordnet werden können.

[0173] Die Stößel 325 können auch durch einen Gleitstein 317 gemäß Fig. 26 und 27 über die Rollen 316 angetrieben werden, wobei die Kontaktflächen 327 der Kontaktteller 326 plan ausgeführt sind und rechtwinklig zu der Längsachse der Stößel 325 verlaufen, wobei hier die Stößel 325 drehbar in ihrer Bohrung angeordnet werden können, wenn die Kontaktteller 326 in einer ausreichenden Größe kreisförmig ausgeführt ist.

[0174] Gemäß der Erfindung können die Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 23, 26 und 28 die Rollen, die auch als Gleitsteine ausgeführt sein können, der durch die Pleuel angetriebenen Achsen in entsprechend geformten Kurbelschleifen geführt werden, wodurch eine desmodromische Ventilsteuerung hergestellt wird. Hierbei sind die Kurbelschleifen sowohl auf den die Ventile betätigenden Schwinghebeln oder auf den Kontakttellern der die Ventile betätigen-

den Stößel als auch in mit den Steuerwellen oder den Gleitsteinen der Verstellvorrichtungen verbundenen Scheiben angeordnet, wodurch die Ventile, ohne dass eine Ventillfeder angeordnet ist, durch die Hubventilsteuerungen sowohl in der Öffnungs- als auch in der Schließrichtung betätigt werden. Um Wärmedehnungen ausgleichen zu können, sind die Schwinghebel oder Stößel mit einem Ventilspiel-Ausgleichselement ausgerüstet, das eine Kraft in der Schließrichtung der Ventile ausübt und in der Öffnungsrichtung der Ventile kraftschlüssig geschaltet ist.

[0175] Die Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 23, 26 und 28 eignen sich vorteilhaft für eine Betätigung von Ventilen 291, 308 und 324 über die eine Drucklufteinspeisung in Zylinder für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine erfolgt. Für einen wirtschaftlichen Druckluftantrieb ist es erforderlich, wenn sich die Kolben im Bereich des oberen Totpunktes befinden, in die Zylinder Luft nur mit einem so großen Volumen einzuspeisen, dass am Ende des Expansionstaktes eine weitgehende Entspannung der in die Zylinder eingespeisten Druckluft erfolgt, wobei der optimale Drehwinkel dieser Einspeisung von der Druckhöhe der einzuspeisenden Druckluft und von dem geforderten Drehmoment und Drehzahlbereich der Kraftmaschine abhängig ist. Durch die Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 23, 26 und 28 wird es ermöglicht, für eine optimale Drucklufteinspeisung eine Ventilöffnung in kleinen, stufenlos einstellbaren Drehwinkeln bei einer gleichzeitigen Einstellung der Ventilhublänge vorzunehmen. Weiterhin kann in vorteilhafter Weise durch einen in dem Antrieb der Kurbel- oder Exzenterwelle 306, 314 und 336 angeordneten, stufenlos arbeitenden Drehwinkelversteller zusätzlich der Beginn der Drucklufteinspeisung auf einen optimalen Drehwinkel eingestellt werden.

[0176] Die Hubventilsteuerungen eignen sich auch für den Antrieb von Einspritzpumpen, wobei hier die Regelung der Fördermenge energiesparend durch eine stufenlose Veränderung der Pumpenhublänge und durch eine gleichzeitig erfolgende, stufenlos veränderbare Betätigungsdauer auch in einem kurzen Drehwinkel erfolgen kann. Durch die Anordnung eines stufenlos arbeitenden Drehwinkelverstellers in dem Antrieb der Kurbel- oder Exzenterwelle 306, 314 und 336 kann der Einspritzpunkt, den Drehzahl- und Leistungsbereichen der Kraftmaschine angepasst, eingestellt werden.

[0177] Der in Fig. 28 und 29 dargestellte Stößel 325 kann auch als Pumpenkolben einer Einspritzpumpe ausgeführt sein.

[0178] In Fig. 30-36 sind einander unterschiedliche Schaltpläne für überwiegend im verbrennungsmotorischen Betrieb arbeitende Kraftmaschinen dargestellt, die mittels einer Umsteuerung der Ventile mittels der gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen sowie mittels der Schaltung der Umsteuerventile der mit den Kraftmaschinen verbundenen Rohrleitungssystemen von ihrem verbrennungsmotorischen Betrieb nach dem Viertaktverfahren auf einen in vorteilhafter Weise nach dem Zweitaktverfahren erfolgenden Betrieb als Druckluftherzeuger mit einer nachfolgenden Speicherung der Druckluft in einem oder mehreren Druckluftbehältern und auf einen in vorteilhafter Weise nach dem Zweitaktverfahren erfolgenden druckluftmotorischen Betrieb bei einer Entnahme der Druckluft aus dem Druckluftbehälter geschaltet werden können. Für den verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine nach dem Viertaktverfahren sind für jeden Zylinder, wie bei Viertaktmotoren üblich, mindestens ein Einlass- und ein Auslassventil vorzusehen, wobei hier auch mehrere Einlass- und Auslassventile für einen Zylinder vorgesehen werden können. Durch die gemäß der Erfindung gestalteten Hubventilsteuerungen werden die Ventile während des verbrennungs-

motorischen Betriebes in üblicher Weise jeweils von Nocken mit einer Erhebung angetrieben, da die Nockenwelle, wie üblich, mit der halben Kurbelwellendrehzahl rotiert. Für den Druckluftbetrieb werden die Ventile durch zwei zusätzlich angeordnete, zwei Erhebungen aufweisende Nocken wechselseitig über die Hubventilsteuerungen betätigt. Um die Anzahl der für den Druckluftbetrieb erforderlichen Nocken zu reduzieren, können die Ventile, die durch ein entsprechend angeordnetes Rohrleitungssystem sowohl während der Druckluftherzeugung als auch während des druckluftmotorischen Betriebes der Kraftmaschine als Auslassventile eingesetzt sind, über die Hubventilsteuerungen nur von einem Nocken mit zwei Erhebungen betätigt werden, da hier das Ausstoßen der Druckluft während der Druckluftherzeugung und das Ausstoßen der entspannten Druckluft während des druckluftmotorischen Betriebes der Kraftmaschine in einem gemeinsamen Drehwinkel erfolgen kann, wobei hierbei jedoch Leistungseinbußen in Kauf zu nehmen sind. Für eine optimale Steuerung der Auslassventile für die Druckluftherzeugung sollten sich die Auslassventile erst nach dem Erreichen des unteren Totpunktes des Ansaugtaktes öffnen, während sich die Auslassventile für den druckluftmotorischen Betrieb bereits vor dem Erreichen des unteren Totpunktes des Expansionstaktes öffnen sollten. Das Schließen der Auslassventile sollte hierbei für die Druckluftherzeugung nach dem Erreichen des oberen Totpunktes des Ausstoßtaktes, während das Schließen der Auslassventile während des druckluftmotorischen Betriebes bereits vor dem Erreichen des oberen Totpunktes des Ausstoßtaktes erfolgen sollte, um rechtzeitig die hier nachfolgende Drucklufteinspeisung vornehmen zu können. Die während des Druckluftbetriebes nur durch einen Nocken betätigten Auslassventile können in einem Kompromiss derart gesteuert werden, dass die Auslassventile vor dem Erreichen des unteren Totpunktes geöffnet und vor dem Erreichen des oberen Totpunktes geschlossen werden.

**[0179]** In den Schaltplänen der Fig. 30, 33 und 34 werden sowohl während der Druckluftherzeugung als auch während des druckluftmotorischen Betriebes der Kraftmaschine die gleichen Ventile als Auslassventile eingesetzt, so dass deren Betätigung bei Inkaufnahme einer Leistungsminderung über die Hubventilsteuerungen nur durch einen Nocken mit zwei Erhebungen erfolgen kann.

**[0180]** Sollte in dem Druckluftbehälter ein derart geringer Druck vorhanden sein, dass keine ausreichende Bremsleistung durch eine Einleitung der Druckluft in die Druckluftbehälter hergestellt werden kann, wird in dieser Situation für die Herstellung einer erhöhten Bremsleistung die Druckluft über eine regelbare Drosselklappe, die in dem hier vorhandenen Rückschlagventil integriert ist, in den Druckluftbehälter geleitet.

**[0181]** Der verbrennungsmotorische Betrieb der Kraftmaschine kann durch die Gestaltung der Hubventilsteuerungen und durch die Gestaltung des Rohrleitungssystems mit seinen Umsteuerventilen ohne eine Leistungseinbuße erfolgen.

**[0182]** Für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine erfolgt die Einspeisung der Druckluft in die Zylinder mittels einer stufenlosen Regelung der Hubventilsteuerungen, wobei der Drehwinkel der Drucklufteinspeisung und hierbei auch die Ventilhublänge derart eingestellt werden können, dass die in den Zylindern eingespeiste Druckluft am Ende des Expansionstaktes weitgehend entspannt ist.

**[0183]** Ist in dem Druckluftbehälter ein höherer Druck vorhanden, als dieser für den Betrieb der Kraftmaschine gefordert ist, wird ein in dem Drossel- und Rückschlagventil des Druckluftbehälters integrierter, stufenlos einstellbarer Druckregler aktiviert.

**[0184]** Bei einer entsprechenden Druckhöhe der in dem Druckluftbehälter befindlichen Druckluft können durch die Hubventilsteuerungen Speisungen der Zylinder mit Druckluft in der Weise vorgenommen werden, dass sich Arbeitsdiagramme mit einem für das Dieselverfahren erwünschten Gleichdruckverlauf ergeben, wobei ein mittlerer Druck im Zylinder erzielt werden kann, wie dieser bei einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine vorhanden ist. Da der druckluftmotorische Betrieb nach dem Zweitaktverfahren erfolgt, ist bei dem druckluftmotorischen Antrieb der Kraftmaschine eine höhere Leistung zu erzielen, als diese bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine nach dem Viertaktverfahren erzielt werden kann.

**[0185]** Für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine kann es vorteilhaft sein, wenn für die Drucklufteinspeisung bei jedem Zylinder ein gesondertes Ventil, das einen Ventilteller mit einem kleineren Durchmesser aufweist, vorgesehen wird, das in vorteilhafter Weise durch die Hubventilsteuerungen gemäß Fig. 23, 26 oder 28 betätigt wird, da diese Hubventilsteuerungen eine variable Ventilöffnung mit einem geringen und variablen Drehwinkel erzeugen können. Dieses zusätzliche Ventil ist in den Schaltplänen der Fig. 30-36 nicht dargestellt.

**[0186]** Die Zylinder der Kraftmaschine sind, um neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb auch einen gleichzeitigen Druckluftbetrieb der Kraftmaschine zu ermöglichen, in zwei Gruppen eingeteilt, wobei jede Zylindergruppe ein eigenes Rohrleitungssystem aufweist, wodurch unabhängig voneinander durch eine während der Verstellung der Hubventilsteuerungen erfolgende Schaltung der Umsteuerventile beider Rohrleitungssysteme die Zylindergruppen der Kraftmaschine auf einander unterschiedliche Arbeitsprogramme geschaltet werden können. Hierbei können beide Rohrleitungssysteme das Ansaugsystem, das Abgassystem und das zu dem Druckluftbehälter führende Drossel- und Rückschlagventil sowie den Druckregler gemeinsam nutzen.

**[0187]** Durch eine entsprechende Verstellung der Hubventilsteuerungen und Schaltung des doppelten Rohrleitungssystems wird ein Betrieb der Kraftmaschine ermöglicht, bei dem die Kraftmaschine Druckluft dadurch selbst erzeugt, dass die eine Gruppe der Zylinder verbrennungsmotorisch und eine andere Gruppe der Zylinder als Druckluftherzeuger arbeitet. Diese Druckluftherzeugung kann sowohl während der Stillstandsphase als auch während der Fahrt des Fahrzeuges erfolgen, wenn die für den Antrieb des Fahrzeuges erforderliche Leistung der Kraftmaschine eine Druckluftherzeugung zulässt oder wenn die Kraftmaschine in einem unteren, wirtschaftlich ungünstigen Drehzahlbereich arbeitet, wobei durch diese Druckluftherzeugung eine Zylindergruppe der Kraftmaschine verbrennungsmotorisch wirtschaftlicher betrieben werden kann.

**[0188]** Durch die Anordnung der Hubventilsteuerungen und des doppelten Rohrleitungssystems kann ein Hybridbremsbetrieb durch eine entsprechende Schaltung der Hubventilsteuerungen und des Rohrleitungssystems in der Weise erfolgen, dass eine Gruppe der Zylinder nach dem Viertaktverfahren Druckluft über eine Drosselklappe in das Abgassystem einleitet, während die andere Gruppe der Zylinder nach dem Zweitaktverfahren Druckluft in den Druckluftbehälter einspeist. Durch die Hubventilsteuerungen und das doppelte Rohrleitungssystem wird auch ein Hybridantriebsbetrieb der Kraftmaschine durch eine entsprechende Verstellung der Hubventilsteuerungen und der Schaltung der beiden Rohrleitungssysteme ermöglicht, bei dem eine Gruppe der Zylinder verbrennungsmotorisch und die andere Gruppe der Zylinder druckluftmotorisch arbeitet. Hierbei kann auch die ausgestoßene Druckluft für eine Druckerhö-

hung der Ansaugluft in das Ansaugsystem eingeleitet werden. Ein Starten für die Aufnahme des verbrennungsmotorischen Antriebes der einen Gruppe der Zylinder kann mittels einer entsprechenden Verstellung der Hubventilsteuerungen und der Schaltung der beiden Rohrleitungssysteme durch die andere Gruppe der Zylinder dadurch erfolgen, dass diese einen druckluftmotorischen Betrieb aus dem Stillstand der Kraftmaschine ohne die Unterstützung eines Anlagers aufnimmt, wobei auch ein Anfahren des Fahrzeuges aus dem Stand möglich ist. Nachdem die Kraftmaschine in Drehung versetzt ist, kann hiernach ein verbrennungsmotorischer Betrieb aller Zylinder der Kraftmaschine aufgenommen werden. Während des Startens der Kraftmaschine und auch während des Anfahrens des Fahrzeuges erfolgt die Druckluft einspeisung in die Zylindergruppe des im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Teiles der Kraftmaschine in einem größeren Drehwinkel und mit einer größeren Ventilhublänge, welches mittels einer entsprechenden Verstellung der Hubventilsteuerungen erfolgt.

[0189] In den Schaltplänen gemäß Fig. 34 und 35 sind Rohrleitungssysteme für eine zweistufige Druckluftherzeugung und eine zweistufige Druckluftentspannung einer der zwei Zylindergruppen der Kraftmaschine dargestellt, während in dem Schaltplan gemäß Fig. 36 ein Rohrleitungssystem für eine dreistufige Druckluftherzeugung und eine dreistufige Druckluftentspannung einer der zwei Zylindergruppen der Kraftmaschine dargestellt ist. Durch eine entsprechende Anordnung von Umsteuerventilen im Rohrleitungssystem der Schaltpläne gemäß Fig. 34 und 35 kann die Druckluftentspannung auch einstufig, und durch eine entsprechende Anordnung von Umsteuerventilen im Rohrleitungssystem gemäß Fig. 36 kann die Druckluftentspannung auch ein- oder zweistufig erfolgen. Für die in den Schaltplänen gemäß Fig. 34, 35 und 36 nicht dargestellte zweite Zylindergruppe der Kraftmaschine ist ein zweites, Rohrleitungssystem mit einer gleichen Funktion anzuordnen, um, neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb beider Zylindergruppen, einen wechselseitigen, verbrennungsmotorischen Betrieb der einen Zylindergruppe und eine Druckluftherzeugung oder einen druckluftmotorischen Betrieb der anderen Zylindergruppen zu ermöglichen, wobei hier die beiden Rohrleitungssysteme das Ansaug- und das Abgassystem gemeinsam nutzen können.

[0190] Da in der Drucklufttechnik bei einer mehrstufigen Druckluftherzeugung ein Stufendruckverhältnis von etwa 1 : 3,5 bei einer zwischen den Stufen erfolgenden Kühlung der verdichteten Luft vorgesehen wird, werden für eine zweistufige Druckluftherzeugung und Druckluftentspannung vier oder fünf Zylinder vorgesehen, wobei für die erste Stufe drei oder vier Zylinder und für die zweite Stufe ein Zylinder eingesetzt werden. Da hier eine Zylindergruppe der Kraftmaschine aus vier oder fünf Zylindern besteht, wäre für einen wechselseitigen Betrieb der Kraftmaschine eine Zylinderanzahl von acht bzw. zehn als vorteilhaft anzusehen.

[0191] Für eine dreistufige Druckluftherzeugung und Druckluftentspannung wird ein zusätzlicher Zylinder eingesetzt, dessen Volumen etwa ein Drittel bis ein Viertel des Zylindervolumens eines für den verbrennungsmotorischen Betrieb vorgesehenen Zylinders der Kraftmaschine aufweist. Durch eine weitere Hintereinanderschaltung von Zylindern mit sich entsprechend vermindern dem Volumen kann eine Druckluftherzeugung auch vier oder fünfstufig erfolgen. Gemäß den in der Drucklufttechnik vorhandenen Erfahrungswerten wird in der ersten Stufe die Ansaugluft auf einen Druck von etwa 9 bar verdichtet, wobei, wenn die zweite Stufe ein Volumen von einem Drittel der ersten Stufe aufweist, die zweite Stufe etwa einen Luftdruck von  $9 \times 3,0 = 27$  bar erzeugt. Wenn die dritte Stufe wiederum ein Volu-

men von einem Drittel der zweiten Stufe aufweist, erzeugt die dritte Stufe etwa einen Luftdruck von  $27 \times 3,0 = 81$  bar. Der Antrieb der Kolben der zusätzlichen Zylinder kann direkt durch die Kurbelwelle der Kraftmaschine oder auch über eine Schaltkupplung erfolgen, wodurch der Antrieb dieser Kolben während des verbrennungsmotorischen Betriebes abgeschaltet werden kann. Weiterhin können die zusätzlichen Zylinder auch in einem separaten Gerät angeordnet sein, das etwa über einen mittels einer Kupplung schaltbaren Riemenantrieb angetrieben wird. Die zusätzlichen Zylinder können auch verbrennungsmotorisch oder als Lader für das Ansaug- und Bremssystem betrieben werden, wobei hier durch die Anordnung mehrerer Zylinder mit dem Volumen der zusätzlichen Zylinder eine in ihrem Druck gleichmäßigere Ladeluftherzeugung erfolgen kann.

[0192] In den die Zylinder der Stufen verbindenden Rohrleitungen sind Regeneratoren eingesetzt, wie diese auch bei den Stirling-Motoren verwendet werden, welche zum einen die während der Druckluftherzeugung auftretende Erwärmung der Druckluft zwischen den Stufen durch eine Kühlung der Druckluft abmildern und die hierdurch empfangene Wärme speichern sowie zum anderen die während des druckluftmotorischen Betriebes durch die erfolgende Expansion der Druckluft erzeugte Abkühlung der Druckluft zwischen den Stufen mittels einer Erwärmung der Druckluft durch die Abgabe der in ihnen gespeicherten Wärme wieder weitgehend kompensieren, wodurch der Wirkungsgrad des Druckluftbetriebes erheblich erhöht wird.

[0193] Bei den Rohrleitungssystemen der Schaltpläne der Fig. 30-36 weist das Rohrleitungssystem mit dem Einstufenbetrieb des Schaltplans der Fig. 31, das Rohrleitungssystem mit dem Zweistufenbetrieb der Fig. 35 und das Rohrleitungssystem mit dem Dreistufenbetrieb der Fig. 36 den geringsten Aufwand bei den Umsteuerventilen und bei dem Rohrleitungssystem auf, da bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb und in dem Betrieb als Druckluftherzeuger der Kraftmaschine die Strömung der Luft weitgehend durch das Rohrleitungssystem, in einer gleichen Strömungsrichtung, auf einem gleichen Weg erfolgt und bei einem druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Strömung der Druckluft in dem Rohrleitungssystem in umgekehrter Richtung, weitgehend auch auf dem gleichen Weg durch das Rohrleitungssystem erfolgt, wobei sich die Umschaltventile in der Schaltstellung der Druckluftherzeugung befinden.

[0194] Die Arbeitsweise der Kraftmaschine in dem verbrennungsmotorischen Betrieb ist in den Schaltplänen gemäß Fig. 30-36 gleich, wobei in üblicher Weise die Ansaugluft über das Ansaugsystem mittels einer entsprechenden Verstellung der Hubventilsteuerungen und Schaltung des Rohrleitungssystems über die Einlassventile in die Zylinder und hiernach über die Auslassventile in das Abgassystem geleitet wird. Eine Erwärmung und hierdurch eine Druckerhöhung der in dem Druckluftbehälter befindlichen Druckluft werden dadurch herbeigeführt, dass die das Abgas führenden Rohrleitungen durch den Druckluftbehälter führen, wobei diese Rohrleitungen in dem Druckluftbehälter Wärmeableitungsrippen aufweisen. Hierbei können die das Abgas führenden Rohrleitungen in dem Druckluftbehälter schlangenförmig verlaufen. Weiterhin können in dem Druckluftbehälter Wärmetauscher des Kühl-, Schmier- und Ansaugsystems angeordnet sein.

[0195] Der Einsatz von flüssiger Luft als Treibstoff ist bei einem gleichzeitigen Verbrennungs- und druckluftmotorischen Antriebsbetrieb möglich, wobei mittels einer Speisepumpe flüssige Luft aus einem isolierten Behälter über eine Speisepumpe in den Druckluftbehälter eingespeist wird und die flüssige Luft durch die im Druckluftbehälter durch die mittels des Abgases, des Kühl-, Schmier- und Ansaugsys-

stems erfolgende Wärmezuführung verdampft und hierbei Druckluft erzeugt wird. Weiterhin wird Druckluft auch während der Standzeiten eines Fahrzeuges in dem Druckluftbehälter durch die Vergasung der flüssigen Luft mittels der Außenwärme erzeugt.

[0196] Die unterschiedlichen Arbeitsweisen der Kraftmaschine können durch eine entsprechende Verstellung der Hubventilsteuerungen und Schaltung der Umsteuerventile des Rohrleitungssystems abwechselnd von jeder Gruppe der Zylinder durchgeführt werden, wodurch eine ungleichmäßige Beanspruchung und Abnutzung der Kolben und Zylinder der Kraftmaschine vermieden wird.

[0197] Die in den Schaltplänen der Fig. 30–33 dargestellten Hubventilsteuerungen sind gemäß der Fig. 4 dargestellt, die hier direkt von der Nockenwelle angetrieben werden. Hierfür können auch andere gemäß der Erfindung gestaltete Hubventilsteuerungen eingesetzt werden. Die in den Schaltplänen der Fig. 30–36 dargestellten, mittels einer Drehbewegung zu schaltenden Umsteuerventile, deren Stellscheibe gleichzeitig mehrere Schaltvorgänge durchführt, können wie dargestellt angeordnet werden. Es können auch Umschaltventile angeordnet werden, deren Stellscheiben etwa nur eine Schaltfunktion aufweisen, wobei, um die Anzahl von Stellmotoren gering zu halten, die Stellscheiben mit einer zeitgleichen Schaltfunktion auf einer gemeinsamen Steuerwelle und in einem gemeinsamen Gehäuse mit Zwischenwandungen angeordnet werden können. Des Weiteren können hier auch die üblichen Wegeventile der Fluidtechnik eingesetzt werden.

[0198] Die Verstellung der Hubventilsteuerungen und der Umsteuerventile kann elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch erfolgen.

[0199] Die Bezeichnung der Ventile als Einlass- oder Auslassventile der Kraftmaschine bezieht sich in den Beschreibungen nur auf die Funktion der Ventile im verbrennungsmotorischen Prozess, so dass, wie in der Beschreibung einiger Schaltpläne aufgeführt ist, während der Drucklufterzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft über die Auslassventile in die Zylinder und die Druckluft aus den Zylindern über die Einlassventile strömt sowie im druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über die Auslassventile in die Zylinder eingespeist wird und die entspannte Druckluft aus den Zylindern über die Einlassventile strömt. Ebenso werden die Ansaugkrümmer oder die Auspuffkrümmer nur gemäß ihrer Funktion im verbrennungsmotorischen Prozess bezeichnet, so dass, wie in der Beschreibung einiger Schaltpläne aufgeführt ist, die Druckluft über die Auspuffkrümmer in die Zylinder und aus den Zylindern über die Ansaugkrümmer strömt.

[0200] In den für einen Druckluftbetrieb der Kraftmaschinen vorgesehenen Schaltplänen gemäß Fig. 30–33 sind die Umsteuerventile des Rohrleitungssystems in einer Schaltstellung dargestellt, die für den verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine vorgesehen ist. In dem Schaltplan gemäß Fig. 34 sind die Umsteuerventile des Rohrleitungssystems in der Schaltstellung der Drucklufterzeugung der Kraftmaschine und in den Schaltplänen gemäß Fig. 35 und 36 sind die Umsteuerventile des Rohrleitungssystems in einer Schaltstellung dargestellt, die sowohl für die Drucklufterzeugung als auch für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine vorgesehen ist.

[0201] Fig. 30 stellt einen Schaltplan dar, bei dem für die Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine und die gleichzeitige Energierückgewinnung die Ansaugluft wie bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder gesaugt und die verdichtete Luft aus den Zylindern über die Auslassventile anstatt in das Abgassystem hier in einen

Druckluftbehälter gepumpt wird, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter wie bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft aus den Zylindern über die Auslassventile ausgestoßen wird.

[0202] Während des verbrennungsmotorischen Betriebes der gesamten Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 337, über die Rohrleitung 338, über das Umsteuerventil 339 und über die Einlassventile 340 in die Zylinder 341 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 342, über das Umsteuerventil 343 und über die Einlassventile 344 in die Zylinder 345 gesaugt. Nach dem Expansionstakt wird das Altgas aus den Zylindern 341 über die Auslassventile 346, über das Umsteuerventil 347, über die Rohrleitung 348, mittels Wärmeableitungsrippen 349 den Druckluftbehälter 350 durchlaufend, in das Abgassystem 351 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 345 über die Auslassventile 352, über das Umsteuerventil 353 und über die Rohrleitung 354, mittels Wärmeableitungsrippen 349 den Druckluftbehälter 350 durchlaufend, in das Abgassystem 351 geleitet.

[0203] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die gesamte Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 337, über die Rohrleitung 338, über das Umsteuerventil 339 und über die Einlassventile 340 in die Zylinder 341 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 342, über das Umsteuerventil 343 und über die Einlassventile 344 in die Zylinder 345 gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft wird die verdichtete Luft aus den Zylindern 341 über die Auslassventile 346, über das Umsteuerventil 347, über die Rohrleitung 355 und über das Drossel- und Rückschlagventil 356 in den Druckluftbehälter 350 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 345 über die Auslassventile 352, über das Umsteuerventil 353, über die Rohrleitung 357 und über das Drossel- und Rückschlagventil 356 in den Druckluftbehälter 350 gepumpt.

[0204] Für den druckluftmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 350 über das Drossel- und Rückschlagventil 356, über die Rohrleitung 355, über das Umsteuerventil 347, über die Rohrleitung 358, über das Umsteuerventil 339 und über die Einlassventile 340 in die Zylinder 341 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 357, über das Umsteuerventil 353, über die Rohrleitung 359, über das Umsteuerventil 343 und über die Einlassventile 344 in die Zylinder 345, wonach sich die Druckluft in den Zylindern 341 und 345 Arbeit leistend entspannt. Hiernach strömt die entspannte Druckluft aus den Zylindern 341 über die Auslassventile 346, über das Umsteuerventil 347 und über die Rohrleitung 360 mittels eines Schalldämpfers oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft sowie gleichzeitig aus den Zylindern 345 über die Auslassventile 352, über das Umsteuerventil 353 und über die Rohrleitung 361 mittels eines Schalldämpfers oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft. Die Rohrleitungen 360 und 361 können hierbei auch zu einem gemeinsamen Schalldämpfer zusammengeführt werden.

[0205] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Abgassystem 351 einen geringen Innendruck auf, kann die entspannte Druckluft in das Abgassystem 351 eingeleitet werden. Auch besteht eine Möglichkeit, die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem 337 zu leiten, wobei hier ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduziert und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteil-

hafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet, das Fahrzeug gleichfalls zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0206] Für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der Gruppe der Zylinder 341 dient der Stellmotor 362, der die Steuer- oder Schaltwelle 363 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt, und für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der Gruppe der Zylinder 345 dient der Stellmotor 364, der die Steuer- oder Schaltwelle 365 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt. Der Antrieb der Nockenwellen 366 erfolgt über die Antriebsräder 367.

[0207] Fig. 31 stellt einen Schaltplan dar, bei dem für die Erzeugung einer erhöhten Bremsleistung der Kraftmaschine und eine gleichzeitige Energierückgewinnung die Ansaugluft wie dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder gesaugt wird und die verdichtete Luft aus den Zylindern über die Auslassventile anstatt in das Abgassystem hier in den Druckluftbehälter gepumpt wird, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter in entgegengesetzter Richtung über die Auslassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft über die Einlassventile ausgestoßen wird.

[0208] Für den verbrennungsmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 368, über die Rohrleitung 369, über das Umsteuerventil 370 und über die Einlassventile 371 in die Zylinder 372 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 373, über das Umsteuerventil 374 und über die Einlassventile 375 in die Zylinder 376 gesaugt. Nach dem Expansionstakt wird das Altgas aus den Zylindern 372 über die Auslassventile 377, über die Rohrleitung 378, über das Umsteuerventil 379 und über die Rohrleitung 380, mittels Wärmeableitungsrippen 381 den Druckluftbehälter 382 durchlaufend, in das Abgassystem 383 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 376 über die Auslassventile 384, über die Rohrleitung 385, über das Umsteuerventil 386 und über die Rohrleitung 387, mittels Wärmeableitungsrippen 381 den Druckluftbehälter 382 durchlaufend, in das Abgassystem 383 geleitet.

[0209] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die gesamte Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 368, über die Rohrleitung 369, über das Umsteuerventil 370 und über die Einlassventile 371 in die Zylinder 372 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 373, über das Umsteuerventil 374 und über die Einlassventile 375 in die Zylinder 376 gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft wird die verdichtete Luft aus den Zylindern 372 über die Auslassventile 377, über die Rohrleitung 378, über das Umsteuerventil 379, über die Rohrleitung 388 und über das Drossel- und Rückschlagventil 389 in den Druckluftbehälter 382 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 376 über die Auslassventile 384, über die Rohrleitung 385, über das Umsteuerventil 386, über die Rohrleitung 390 und über das Drossel- und Rückschlagventil 389 in den Druckluftbehälter 382 gepumpt.

[0210] Bei dem druckluftmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 382 über das Drossel- und Rückschlagventil 389, über die Rohrleitung 388, über das Umsteuerventil 379, über die Rohrleitung 378 und über die Auslassventile 377 in die Zylinder 372 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 390, über das Umsteuerventil 386, über die Rohrleitung 385 und über die Auslassventile 384 in die Zylinder 376, wonach sich die Druckluft Arbeit leistend entspannt. Hiernach strömt die entspannte Druckluft aus den Zylindern 372 über

die Einlassventile 371, über das Umsteuerventil 370 und über die Rohrleitung 391 mittels eines Schalldämpfers oder auch ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft sowie gleichzeitig aus den Zylindern 376 über die Einlassventile 375, über das Umsteuerventil 374 und über die Rohrleitung 392 über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft. Hierbei können die Rohrleitungen 391 und 392 zu einem gemeinsamen Schalldämpfer zusammengeführt werden. Auch besteht eine Möglichkeit, die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem 368 zu leiten, wobei hier ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduziert und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet, das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0211] Für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der einen Gruppe der Zylinder 372 dient der Stellmotor 393, der die Steuer- oder Schaltwelle 394 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt, und für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der anderen Gruppe der Zylinder 376 dient der Stellmotor 395, der die Steuer- oder Schaltwelle 396 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt. Der Antrieb der Nockenwellen 397 erfolgt über die Antriebsräder 398.

[0212] Fig. 32 stellt einen Schaltplan dar, bei dem für die Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine und die gleichzeitige Energierückgewinnung die Ansaugluft über die Auslassventile in die Zylinder gesaugt und die verdichtete Luft aus den Zylindern über die Einlassventile anstatt in das Abgassystem hier in einen Druckluftbehälter gepumpt wird, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter wie bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft aus den Zylindern über die Auslassventile ausgestoßen wird.

[0213] Für den verbrennungsmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 399, über die Rohrleitung 400, über das Umsteuerventil 401 und über die Einlassventile 402 in die Zylinder 403 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 404, über das Umsteuerventil 405 und über die Einlassventile 406 in die Zylinder 407 gesaugt. Nach dem Expansionstakt wird das Altgas aus den Zylindern 403 über die Auslassventile 408, über das Umsteuerventil 409 und über die Rohrleitung 410, mittels Wärmeableitungsrippen 411, den Druckluftbehälter 412 durchlaufend, in das Abgassystem 413 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 407 über die Auslassventile 414, über das Umsteuerventil 415 und über die Rohrleitung 416, mittels Wärmeableitungsrippen 411 den Druckluftbehälter 412 durchlaufend, in das Abgassystem 413 geleitet.

[0214] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die gesamte Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 399, über die Rohrleitung 400, über das Umsteuerventil 401, über die Rohrleitung 417, über das Umsteuerventil 409 und über die Auslassventile 408 in die Zylinder 403 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 404, über das Umsteuerventil 405, über die Rohrleitung 418, über das Umsteuerventil 415 und über die Auslassventile 414 in die Zylinder 407 gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft wird die verdichtete Luft aus den Zylindern 403 über die Einlassventile 402, über das Umsteuerventil 401, über die Rohrleitung 419 und über das Drossel- und Rückschlagventil 420 in den Druckluftbehälter 412 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 407 über die Ein-

lassventile 406, über das Umsteuerventil 405, über die Rohrleitung 421 und über das Drossel- und Rückschlagventil 420 in den Druckluftbehälter 412 gepumpt.

[0215] Für den druckluftmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 412 über das Drossel- und Rückschlagventil 420, über die Rohrleitung 419, über das Umsteuerventil 401 und über die Einlassventile 402 in die Zylinder 403 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 421, über das Umsteuerventil 405 und über die Einlassventile 406 in die Zylinder 407, wonach sich die Druckluft in den Zylindern 403 und 407 Arbeit leistend entspannt. Hiernach strömt die entspannte Druckluft aus den Zylindern 403 über die Auslassventile 408, über das Umsteuerventil 409 und über die Rohrleitung 422 mittels eines Schalldämpfers oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft sowie gleichzeitig aus den Zylindern 407 über die Auslassventile 414, über das Umsteuerventil 415 und über die Rohrleitung 423 mittels eines Schalldämpfers oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft. Die Rohrleitungen 422 und 423 können hierbei auch zu einem gemeinsamen Schalldämpfer zusammengeführt werden.

[0216] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Abgassystem 413 einen geringen Innendruck auf, als es der Druck der entspannten Druckluft ist, kann die entspannte Druckluft in das Abgassystem 414 eingeleitet werden. Auch besteht eine Möglichkeit, die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem 399 zu leiten, wobei hier ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduziert und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet, das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0217] Für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der einen Gruppe der Zylinder 402 dient der Stellmotor 424, der die Steuer- oder Schaltwelle 425 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt und für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der anderen Gruppe der Zylinder 407 dient der Stellmotor 426, der die Steuer- oder Schaltwelle 427 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt. Der Antrieb der Nockenwellen 428 erfolgt über die Antriebsräder 429.

[0218] Fig. 33 stellt einen Schaltplan dar, bei dem für die Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine und die gleichzeitige Energierückgewinnung die Ansaugluft über die Auslassventile in die Zylinder gesaugt und die verdichtete Luft aus den Zylindern über die Einlassventile anstatt in das Abgassystem hier in einen Druckluftbehälter gepumpt wird, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter über die Auslassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft aus den Zylindern auch über die Einlassventile ausgestoßen wird.

[0219] Für den verbrennungsmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 430, über die Rohrleitung 431, über das Umsteuerventil 432 und über die Einlassventile 433 in die Zylinder 434 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 435, über das Umsteuerventil 436 und über die Einlassventile 437 in die Zylinder 438 gesaugt. Nach dem Expansionstakt wird das Altgas aus den Zylindern 434 über die Auslassventile 439, über das Umsteuerventil 440 und über die Rohrleitung 441, mittels Wärmeableitungsrippen 442 den Druckluftbehälter 443 durchlaufend, in das Abgassystem 444 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 438 über die Auslassventile 445, über das Umsteuerventil 446 und über die Rohrleitung

447, mittels Wärmeableitungsrippen 442 den Druckluftbehälter 443 durchlaufend, in das Abgassystem 444 geleitet. [0220] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die gesamte Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen 5 Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 430, über die Rohrleitung 431, über das Umsteuerventil 432, über die Rohrleitung 448, über das Umsteuerventil 440 und über die Auslassventile 439 in die Zylinder 434 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 435, über das Umsteuerventil 436, über die Rohrleitung 449, über das Umsteuerventil 446 und über die Auslassventile 445 in die Zylinder 438 gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft wird die verdichtete Luft aus den Zylindern 434 über die Einlassventile 433, über das Umsteuerventil 432, über die Rohrleitung 450 und über das Drossel- und Rückschlagventil 451 in den Druckluftbehälter 443 sowie gleichzeitig aus den Zylindern 438 über die Einlassventile 437, über das Umsteuerventil 436, über die Rohrleitung 452 und über das Drossel- und Rückschlagventil 451 in den Druckluftbehälter 443 gepumpt.

[0221] Bei dem druckluftmotorischen Betrieb der gesamten Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 443 über das Drossel- und Rückschlagventil 451, über die Rohrleitung 450/453, über das Umsteuerventil 440 und über die Auslassventile 439 in die Zylinder 434 sowie gleichzeitig über die Rohrleitung 452/454, über das Umsteuerventil 446 und über die Auslassventile 445 in die Zylinder 438, wonach sich die Druckluft in den Zylindern 434 und 438 Arbeit leistend entspannt. Hiernach strömt die entspannte Druckluft aus den Zylindern 434 über die Einlassventile 433, über das Umsteuerventil 432 und über die Rohrleitung 431 in das Ansaugsystem 430 oder mittels einer durch ein Umsteuerventil zuschaltbaren Rohrleitung über einen oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft sowie gleichzeitig aus den Zylindern 438 über die Einlassventile 437, über das Umsteuerventil 436 und über die Rohrleitung 435 in das Ansaugsystem 430 oder mittels einer durch ein Umsteuerventil zuschaltbaren Rohrleitung über einen oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft. Diese beiden Rohrleitungen können hierbei auch zu einem gemeinsamen Schalldämpfer zusammengeführt werden.

[0222] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Abgassystem 444 einen geringen Innendruck auf, kann die entspannte Druckluft in das Abgassystem 444 eingeleitet werden. Wird die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem geleitet, kann ein hier angeordneter Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduzieren und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet, das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreiben.

[0223] Für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der einen Gruppe der Zylinder 434 dient der Stellmotor 455, der die Steuer- oder Schaltwelle 456 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt und für die wechselseitige Aktivierung der unterschiedlichen Nocken der anderen Gruppe der Zylinder 438 dient der Stellmotor 457, der die Steuer- oder Schaltwelle 458 der entsprechenden Hubventilsteuerungen antreibt. Der Antrieb der Nockenwellen 459 erfolgt über die Antriebsräder 460.

[0224] Fig. 34 stellt einen Schaltplan eines Rohrleitungssystems von einer der beiden Zylindergruppen einer Kraftmaschine mit einer zweistufigen Druckluftherzeugung und einem zweistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine dar. Für die zweistufige Druckluftherzeugung und den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine mit einer zweistufigen Druckluftentspannung wird hier eine aus

vier Zylindern bestehende Gruppe eingesetzt, wobei drei Zylinder als erste Stufe gemeinsam die Ansaugluft verdichten und ein Zylinder als zweite Stufe die Druckluft weiter verdichtet. Hierdurch ergibt sich ein Volumenverhältnis von dem Volumen der ersten Verdichtungsstufe zu dem der zweiten Verdichtungsstufe von 3 : 1. Bei dem druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine erfolgt die Entspannung der Druckluft in umgekehrter Weise, so dass ein Zylinder als erste Stufe und drei Zylinder als zweite Stufe dienen. [0225] Für die Ermöglichung einer wechselseitig unterschiedlichen Arbeitsweise der Kraftmaschine, bei der etwa eine Zylindergruppe verbrennungsmotorisch arbeitet und hierbei eine andere Zylindergruppe für eine zweistufige Druckluftherzeugung antreibt, wären optimal vier weitere Zylinder mit einem eigenen Rohrleitungssystem mit gleicher Funktion vorzusehen.

[0226] Während der Druckluftherzeugung und des druckluftmotorischen Betriebes der Kraftmaschine wird die Ansaugluft wie bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder gesaugt und die zweistufig verdichtete Luft aus den Zylindern über die Auslassventile in einen Druckluftbehälter gepumpt, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter in Anlehnung an den Schaltplan der Fig. 30 wie bei einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft aus den Zylindern über die Auslassventile ausgestoßen wird.

[0227] Während des verbrennungsmotorischen Betriebes der vier Zylinder 461, 462, 463 und 464 der Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 465, über die Rohrleitung 466, über das Umsteuerventil 467, über den Ansaugkrümmer 468, über die Einlassventile in den Zylinder 461 sowie über den Ansaugkrümmer 469, über die Einlassventile in die Zylinder 462, 463 und 464 gesaugt. Nach erfolgter Expansion wird das Altgas über die Auslassventile aus dem Zylinder 461, über den Auspuffkrümmer 470 sowie über die Auslassventile aus den Zylindern 462, 463 und 464 über den Auspuffkrümmer 471, über das Umsteuerventil 472 und über die Rohrleitung 473 in das Abgassystem 474 geleitet. Hierbei kann das Altgas auch mittels einer Wärmeableitungsrippen aufweisenden Rohrleitung durch den Druckluftbehälter 475 hindurch geleitet werden.

[0228] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die vier Zylinder 461, 462, 463 und 464 der Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 465, über die Rohrleitung 466, über das Umsteuerventil 467, über den Ansaugkrümmer 469 und über die Einlassventile in die Zylinder 462, 463 und 464 der ersten Stufe gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft in der ersten Stufe wird die bereits verdichtete Luft aus den Zylindern 462, 463 und 464 über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer 471, über das Umsteuerventil 472, über die Rohrleitung 476, über den Regenerator 477, über die Rohrleitung 478, über das Umsteuerventil 467, über den Ansaugkrümmer 468 und über die Einlassventile in den Zylinder 461 der zweiten Stufe gepumpt. Nach ihrer in der zweiten Stufe erfolgten, weiteren Verdichtung wird die verdichtete Luft aus dem Zylinder 461 über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer 470, über das Umsteuerventil 472, über die Rohrleitung 479 und über das Drossel- und Rückschlagventil 480 in den Druckluftbehälter 475 gepumpt.

[0229] Für den Betrieb der vier Zylinder 461, 462, 463 und 464 im druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 475 über das Drossel- und Rückschlagventil 480, über die Rohr-

leitung 479, über das Umsteuerventil 472, über die Rohrleitung 481, über das Umsteuerventil 467, über den Ansaugkrümmer 468 und über die Einlassventile in den Zylinder 461 der ersten Stufe, wonach die Druckluft in der ersten Stufe Arbeit leistend in ihrem Druck abgemindert wird. Hiernach strömt die in ihrem Druck bereits abgeminderte Druckluft über die Auslassventile aus dem Zylinder 461, über den Auspuffkrümmer 470, über das Umsteuerventil 472, über die Rohrleitung 476, über den Regenerator 477, über die Rohrleitung 478, über das Umsteuerventil 467, über den Ansaugkrümmer 469 und über die Einlassventile in die Zylinder 462, 463 und 464 der zweiten Stufe, wonach die Druckluft in der zweiten Stufe Arbeit leistend entspannt wird. Hiernach strömt die entspannte Druckluft über die Auslassventile aus den Zylindern 462, 463 und 464 über den Auspuffkrümmer 471, über das Umsteuerventil 472 und über die Rohrleitung 482 mittels eines Schalldämpfers oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft.

[0230] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Abgassystem 474 einen geringen Innendruck auf, kann die entspannte Druckluft in das Abgassystem 474 eingeleitet werden. Auch besteht eine Möglichkeit, die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem 465 zu leiten, wobei hier ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduziert und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet, das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0231] Fig. 35 stellt einen Schaltplan eines Rohrleitungssystems von einer der beiden Zylindergruppen einer Kraftmaschine mit einer zweistufigen Druckluftherzeugung und einem zweistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine dar. Für die zweistufige Druckluftherzeugung und den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine mit einer zweistufigen Druckluftentspannung wird eine aus vier Zylindern bestehende Gruppe eingesetzt, wobei drei Zylinder als erste Stufe gemeinsam die Ansaugluft verdichten und ein Zylinder als zweite Stufe die Druckluft weiter verdichtet. Hierdurch ergibt sich ein Volumenverhältnis von dem Volumen der ersten Verdichtungsstufe zu dem der zweiten Verdichtungsstufe von 3 : 1.

[0232] Für die Ermöglichung einer wechselseitig unterschiedlichen Arbeitsweise der Kraftmaschine, bei der etwa eine Zylindergruppe verbrennungsmotorisch arbeitet und hierbei eine andere Zylindergruppe für eine zweistufige Druckluftherzeugung antreibt, wären optimal vier weitere Zylinder mit einem eigenen Rohrleitungssystem mit gleicher Funktion vorzusehen.

[0233] Während der Druckluftherzeugung der Kraftmaschine wird die Ansaugluft wie bei dem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine in gleicher Richtung über die Einlassventile in die Zylinder gesaugt und die zweistufig verdichtete Luft aus den Zylindern über die Auslassventile in einen Druckluftbehälter gepumpt, während für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft aus dem Druckluftbehälter in Anlehnung an den Schaltplan der Fig. 31 in entgegengesetzter Richtung über die Auslassventile in die Zylinder eingespeist und die entspannte Druckluft aus den Zylindern über die Einlassventile ausgestoßen wird.

[0234] Während des verbrennungsmotorischen Betriebes der vier Zylinder 483, 484, 485 und 486 der Kraftmaschine wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 487, über die Rohrleitung 488, über das Umsteuerventil 489, über den Ansaugkrümmer 490, über die Einlassventile in den Zylinder 483 sowie über den Ansaugkrümmer 491, über die Ein-

lassventile in die Zylinder **484**, **485** und **486** gesaugt. Nach erfolgter Expansion wird nunmehr das Altgas über die Auslassventile aus dem Zylinder **483**, über den Auspuffkrümmer **492** sowie über die Auslassventile aus den Zylindern **484**, **485** und **486** über den Auspuffkrümmer **493**, über das Umsteuerventil **494** und über die Rohrleitung **495** in das Abgassystem **496** geleitet. Hierbei kann das Altgas auch mittels einer Wärmeableitungsrippen aufweisenden Rohrleitung durch den Druckluftbehälter **497** hindurch geleitet werden. [0235] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die vier Zylinder **483**, **484**, **485** und **486** der Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem **487**, über die Rohrleitung **488**, über das Umsteuerventil **489**, über den Ansaugkrümmer **491** und über die Einlassventile in die Zylinder **484**, **485** und **486** der ersten Stufe gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft in der ersten Stufe wird die bereits verdichtete Luft aus den Zylindern **484**, **485** und **486** über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer **493**, über das Umsteuerventil **494**, über die Rohrleitung **498**, über den Regenerator **499**, über die Rohrleitung **500**, über das Umsteuerventil **489**, über den Ansaugkrümmer **490** und über die Einlassventile in den Zylinder **483** der zweiten Stufe gepumpt. Nach ihrer in der zweiten Stufe erfolgten, weiteren Verdichtung wird die verdichtete Luft aus dem Zylinder **483** über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer **492**, über das Umsteuerventil **494**, über die Rohrleitung **501** und über das Drossel- und Rückschlagventil **502** in den Druckluftbehälter **497** gepumpt. [0236] Im druckluftmotorischen Betrieb der vier Zylinder **483**, **484**, **485** und **486** der Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter **497** über das Drossel- und Rückschlagventil **502**, über die Rohrleitung **501**, über das Umsteuerventil **494**, über den Auspuffkrümmer **492**, über die Auslassventile in den Zylinder **483** der ersten Stufe, wonach die Druckluft in der ersten Stufe Arbeit leistend in ihrem Druck abgemindert wird. Hiernach strömt die in ihrem Druck bereits abgeminderte Druckluft über die Einlassventile aus dem Zylinder **483**, über den Ansaugkrümmer **490**, über das Umsteuerventil **489**, über die Rohrleitung **500**, über den Regenerator **499**, über die Rohrleitung **498**, über das Umsteuerventil **494**, über den Auspuffkrümmer **493** und über die Auslassventile in die Zylinder **484**, **485** und **486** der zweiten Stufe, wonach die Druckluft in der zweiten Stufe Arbeit leistend entspannt wird. Hiernach strömt die entspannte Druckluft über die Einlassventile aus den Zylindern **484**, **485** und **486**, über den Ansaugkrümmer **491**, über das Umsteuerventil **489** und über die Rohrleitung **488** in das Ansaugsystem oder über das in seiner Funktion erweiterte Umsteuerventil **489**, über eine hier zuschaltbare Rohrleitung über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft.

[0237] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Abgassystem **496** einen geringen Innendruck auf, kann die entspannte Druckluft auch in das Abgassystem **496** eingeleitet werden. Wird die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem **487** geleitet, kann hierbei ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduzieren und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet werden, wodurch die Ladeluftturbine das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0238] Alternativ kann bei einem druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die in dem Zylinder **483** der ersten Stufe in ihrem Druck abgeminderte Druckluft von dem Ansaugkrümmer **490** über ein entsprechend modifiziertes

Umsteuerventil **489**, über die Rohrleitung **500**, über den Regenerator **499**, über die Rohrleitung **498**, über ein entsprechend modifiziertes Umsteuerventil **494**, über eine Rohrleitung in den Ansaugkrümmer **491** geführt werden, von wo die Druckluft über die Einlassventile in die Zylinder **484**, **485** und **486** strömt. Nach erfolgter Arbeit leistender Entspannung der Druckluft strömt die nunmehr entspannte Druckluft über die Auslassventile aus den Zylindern **484**, **485** und **486** in den Auspuffkrümmer **493** und weiter über das entsprechend modifizierte Umsteuerventil **494** über die Rohrleitung **495** in das Abgassystem **496**. Weiterhin kann die entspannte Druckluft von einem modifizierten Umsteuerventil **494** über eine Rohrleitung über einen oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft oder über eine Rohrleitung in das Ansaugsystem **487** geleitet werden.

[0239] Fig. 36 stellt einen Schaltplan eines Rohrleitungssystems von einer der beiden Zylindergruppen einer Kraftmaschine mit einer dreistufigen Drucklufterzeugung und einem dreistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine dar, wobei hier für eine weitergehende Verdichtung der Druckluft auf einfache Weise auch weitere hintereinander geschaltete Stufen mit einem sich nacheinander verringernenden Volumen vorgesehen werden können. Für die dreistufige Drucklufterzeugung der Kraftmaschine mit dreistufiger Druckluftentspannung wird eine aus vier oder fünf Zylindern bestehende Gruppe der Kraftmaschine eingesetzt, wobei während der Drucklufterzeugung bei einer aus vier Zylindern bestehenden Gruppe der Kraftmaschine als erste Stufe drei und bei einer aus fünf Zylindern bestehenden Gruppe als erste Stufe vier Zylinder der Kraftmaschine gemeinsam die Ansaugluft verdichten, ein Zylinder der Kraftmaschine als zweite Stufe die Druckluft weiter verdichtet und ein separater Zylinder, der etwa ein Drittel bis ein Viertel des Volumens eines Zylinders der Kraftmaschine aufweist, als dritte Stufe die Ansaugluft weitergehend verdichtet und in den Druckluftbehälter pumpt und wobei während des druckluftmotorischen Betriebes der Kraftmaschine in Anlehnung an den Schaltplan der Fig. 31 die Druckluft aus dem Druckluftbehälter in umgekehrter Richtung strömt und hierbei der separate Zylinder als erste Stufe, ein Zylinder der aus vier oder fünf Zylindern bestehenden Gruppe der Kraftmaschine als zweite Stufe und die aus drei oder vier Zylindern bestehende Gruppe der Kraftmaschine als dritte Stufe dient.

[0240] Während der Drucklufterzeugung der Kraftmaschine strömt die Ansaugluft über die Einlassventile in die Zylinder der drei Stufen und die hier erzeugte Druckluft über die Auslassventile aus den Zylindern der drei Stufen, während bei dem druckluftmotorischen Antrieb der Kraftmaschine die Druckluft in Anlehnung an den Schaltplan der Fig. 31 in entgegengesetzter Richtung über die Auslassventile in die Zylinder der drei Stufen und die entspannte Druckluft über die Einlassventile aus den Zylindern der drei Stufen strömt.

[0241] Für die Ermöglichung einer wechselseitig unterschiedlichen Arbeitsweise der Kraftmaschine, bei der etwa eine Zylindergruppe verbrennungsmotorisch arbeitet und hierbei die andere Zylindergruppe für eine Drucklufterzeugung antreibt, wären bei der Kraftmaschine eine gesamte Zylinderanzahl von acht bzw. zehn Zylindern und zusätzlich zwei separate Zylinder mit einem entsprechend verminderten Volumen vorzusehen, wobei für jede Gruppe der Zylinder ein eigenes Rohrleitungssystem mit einer gleichen Funktion vorzusehen ist und das Ansaug- und Abgassystem sowie der Druckluftbehälter von beiden Rohrleitungssystemen gemeinsam genutzt werden kann.

[0242] Während des verbrennungsmotorischen Betriebes der vier Zylinder **503**, **504**, **505** und **506** der Kraftmaschine

wird die Ansaugluft über das Ansaugsystem 507, über die Rohrleitung 508, über das Umsteuerventil 509, über den Ansaugkrümmer 510, über die Einlassventile in den Zylinder 503 sowie über den Ansaugkrümmer 511, über die Einlassventile in die Zylinder 504, 505 und 506 gesaugt. Nach erfolgter Expansion wird das Altgas über die Auslassventile aus dem Zylinder 503, über den Auspuffkrümmer 512 sowie über die Auslassventile aus den Zylindern 504, 505 und 506 über den Auspuffkrümmer 513, über das Umsteuerventil 514 und über die Rohrleitung 515 in das Abgassystem 516 geleitet. Hierbei kann das Altgas auch mittels einer Wärmeableitungsrippen aufweisenden Rohrleitung durch den Druckluftbehälter 517 hindurch geleitet werden.

[0243] Für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung durch die Zylinder 503, 504, 505 und 506 der Kraftmaschine bei einer gleichzeitigen Energierückgewinnung wird die Ansaugluft der Kraftmaschine über das Ansaugsystem 507, über die Rohrleitung 508, über das Umsteuerventil 509, über den Ansaugkrümmer 511 und über die Einlassventile in die Zylinder 504, 505 und 506 der ersten Stufe gesaugt. Nach erfolgter Verdichtung der Ansaugluft in der ersten Stufe wird die bereits verdichtete Luft aus den Zylindern 504, 505 und 506 der ersten Stufe über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer 513, über das Umsteuerventil 514, über die Rohrleitung 518, über den Regenerator 519, über die Rohrleitung 520, über das Umsteuerventil 509, über den Ansaugkrümmer 510 und über die Einlassventile in den Zylinder 503 der zweiten Stufe gepumpt. Nach ihrer in der zweiten Stufe erfolgten, weiteren Verdichtung wird die Druckluft aus dem Zylinder 503 über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer 512, über das Umsteuerventil 514, über die Rohrleitung 521, über den Regenerator 522, über die Rohrleitung 523 und über die Einlassventile in den Zylinder 524 der dritten Stufe gepumpt. Nach ihrer in der dritten Stufe erfolgten Verdichtung wird die nunmehr dreifach verdichtete Druckluft über die Rohrleitung 525 und über das Drossel- und Rückschlagventil 526 in den Druckluftbehälter 517 gepumpt.

[0244] Für den druckluftmotorischen Betrieb der Zylinder 503, 504, 505, 506 und 524 der Kraftmaschine strömt die Druckluft aus dem Druckluftbehälter 517 über das Drossel- und Rückschlagventil 526, über die Rohrleitung 525 und über die Auslassventile in den Zylinder 524 der ersten Stufe, wonach die Druckluft Arbeit leistend in ihrem Druck abgemindert wird. Hiernach strömt die bereits in Ihrem Druck in der ersten Stufe abgeminderte Druckluft über die Einlassventile aus dem Zylinder 524, über die Rohrleitung 523, über den Regenerator 522, über die Rohrleitung 521, über das Umsteuerventil 514, über den Auspuffkrümmer 512 und über die Auslassventile in den Zylinder 503 der zweiten Stufe, wonach die Druckluft in der zweiten Stufe weiterhin Arbeit leistend in ihrem Druck abgemindert wird. Die in ihrem Druck bereits in zwei Stufen abgeminderte Druckluft strömt hiernach über die Einlassventile aus dem Zylinder 503, über den Ansaugkrümmer 510, über das Umsteuerventil 509, über die Rohrleitung 520, über den Regenerator 519, über die Rohrleitung 518, über das Umsteuerventil 514, über den Auspuffkrümmer 513 und über die Auslassventile in die Zylinder 504, 505 und 506 der dritten Stufe, wonach die Druckluft in der dritten Stufe Arbeit leistend entspannt wird. Hiernach strömt die entspannte Druckluft über die Einlassventile aus den Zylindern 504, 505 und 506 über den Ansaugkrümmer 511, über das Umsteuerventil 509 und über die Rohrleitung 508 in das Ansaugsystem 507 oder über eine Rohrleitung, die durch das in seiner Funktion erweiterte Umsteuerventil 509 zugeschaltet wird, über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft.

[0245] Weist während dieses Arbeitsverfahrens das Ab-

gassystem 507 einen geringen Innendruck auf, kann die entspannte Druckluft auch in das Abgassystem 516 eingeleitet werden. Wird die entspannte Druckluft in das Ansaugsystem 507 geleitet, kann hierbei ein Luftkühler, der hier als Ladeluftkühler bereits vorhanden sein kann, in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduzieren und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie in vorteilhafter Weise den Druck der entspannten Druckluft reduzieren und eine bereits vorhandene Ladeluftturbine mit einer variablen Turbinengeometrie, in vorteilhafter Weise als Arbeitsturbine geschaltet werden, wodurch die Ladeluftturbine das Fahrzeug zusammen mit der im druckluftmotorischen Betrieb arbeitenden Kraftmaschine antreibt.

[0246] Ein Einsatz der durch die Hubventilsteuerungen beaufschlagten Rohrleitungssysteme gemäß den Schaltplänen der Fig. 32 und 33 ist auch für einen mehrstufigen Druckluftbetrieb möglich. Hierbei ist jedoch ein erhöhter Aufwand bei den Umschaltventilen und auch bei den Rohrleitungssystemen erforderlich. Weiterhin ist bei einer mehrstufigen Druckluftherzeugung eine Führung der Ansaugluft etwa über die Auslassventile in die Zylinder der ersten Stufe und die weitere Führung der hier erzeugten Druckluft etwa über die Einlassventile in die Zylinder der zweiten Stufe und einander die Ventilart abwechselnd auch in die Zylinder der dritten oder vierten Stufe möglich. Bei dem mehrstufigen druckluftmotorischen Betrieb ist sowohl eine Führung der Druckluft in gleicher Strömungsrichtung durch die Zylinder oder, wobei Umschaltventile und Rohrleitungen eingespart werden, eine Führung der Druckluft in umgekehrter Strömungsrichtung möglich.

#### Patentansprüche

1. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass parallel zu einer Ventilverreihe eine Steuerwelle (11) angeordnet ist, die senkrecht zu ihrer Längsachse axial bewegliche Stößel (10) aufweist, die durch einen mittels eines Nockens oder mittels anderer mechanischer, hydraulischer oder elektromagnetischer Einrichtungen über Stößelstangen (9) oder über direkt von einem Nocken oder anderen Einrichtungen angetriebenen Schwing-Kipp- oder Winkelhebel (5) angetrieben werden, wobei jeder Stößel (10) selbst einen die Ventile (1) betätigenden Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel (2) antreibt und durch seinen Eingriff in die kreisförmigen, um die Drehachse der Steuerwelle (11) bei geschlossenen Ventilen (1) konzentrisch verlaufenden Kontaktflächen (4 und 6) der Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel (2 und 5) während einer für einen Verstellvorgang erfolgenden Drehung der Steuerwelle (11) sich bei geschlossenen Ventilen (1) die Position der Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel (2 und 5) nicht verändert und somit das eingestellte Ventilspiel in seiner Größe erhalten bleibt.
2. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontaktfläche (6) des den Stößel (10) antreibenden Schwinghebels (5) eine größeren Radiuslänge aufweist als die Kontaktfläche (4) des von dem Stößel (10) angetriebenen Kipphebels (2), wodurch die Baugröße der Hubventilsteuerung dadurch reduziert wird, dass bei geschlossenen Ventilen (1) der Stößel (10) auf der Seite des den Stößel (10) antreibenden Schwinghebels (5) mit der Länge aus der Steuerwelle (11) ragt, die für die maximale Hubbewegung er-

forderlich ist und auf der Seite des von dem Stößel (10) angetriebenen Kipphebels (2) nur mit der notwendigen, konstruktiven Länge aus der Steuerwelle (11) ragt.

3. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehgelenke (7 und 8) der Schwing- und Kipphebel (2 und 5), in einem Drehwinkelabstand von etwa 90° um die Drehachse der Steuerwelle (11) angeordnet sind und die die Drehachse (7) des Kipphebels (2) und die Drehachse (8) des Schwinghebels (5) durchlaufende Linie parallel zu der Drehachse der Steuerwelle (11) verläuft, so dass während des durch eine Drehbewegung der Steuerwelle (11) erfolgenden Verstellvorganges der wirksame Hebel des den Stößel (10) antreibenden Schwinghebels (5) und der wirksame Hebel des von dem Stößel (10) angetriebenen Kipphebels (2) durch die sich hierbei verändernde Position der Eingriffe des Stößels (10) in die Kontaktfläche (6) des Schwinghebels (5) und in die Kontaktfläche (4) des Kipphebels (2) gegensätzlich in ihrer Länge verändert werden, wodurch ein kleiner Drehwinkel für die Verstellung der Steuerwelle (11) erzielt wird.

4. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich im Bereich des Drehgelenkes (8) des den Stößel (10) antreibenden Schwinghebels (5) für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (1) auf dem Schwinghebel (5) eine sich an die Kontaktfläche (6) um die Drehachse des Drehgelenkes (8) kreisförmig verlaufende Kontaktfläche (12) anschließt, wobei durch den Eingriff des in einer Steuerwelle (11) axial beweglich gelagerten Stößels (10) in diese Kontaktfläche (12) kein Antrieb des für die Betätigung der Ventile (1) vorgesehenen Kipphebels (2) erfolgt, obwohl der für den Antrieb des Stößels (10) vorgesehene Schwinghebel (2) eine Schwingbewegung durchführt.

5. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass sich für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (1) an die kreisförmige Kontaktfläche (12) des Schwinghebels (5) eine feststehende, nach innen gewölbte, um die Drehachse der Steuerwelle (11) kreisförmig verlaufende Kontaktfläche (14) anschließt, auf die der Stößel (10) mit seiner einen Kontaktfläche gestellt wird, um bei einem kontinuierlichen Schließen der Ventile (1) die sich durch die Schwingbewegung des Schwinghebels (5) ergebende Gleitreibung zu vermeiden.

6. Hubventilsteuerungen nach Anspruch 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, dass sich für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (1) an die Kontaktfläche (14) eine spiralförmig sich der Drehachse des Drehgelenkes (8) annähernde Kontaktfläche (15) anschließt, wodurch der Stößel (10), wenn dieser mit seiner einen Kontaktfläche auf die Kontaktfläche (15) gestellt ist und hierbei auch gleichzeitig mit seiner anderen Kontaktfläche auf eine nach innen gewölbte Stellnase (16) des Kipphebels (2) gestellt sein kann, die hierfür erforderliche Hubbewegung in der Steuerwelle (11) für eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (1) ausführt.

7. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 6, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Verstellen des Stößels (10) auf der Kontaktfläche (15) und der Stellnase (16) der Ventilhub der kontinuierlichen Öffnung stufenlos eingestellt werden kann.

8. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen (14 und 15) in dem die Drehgelenke (7 und 8) des Kipphebels (2) und

des Schwinghebels (5) aufweisenden Achshalter (13) eingearbeitet oder Kontaktflächen (14 und 15) aufweisende Gleitsteine an dem Achshalter (13) befestigt sind.

9. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (5) eine Rückstellfeder (18) aufweist, durch die der Schwinghebel (5) mit seiner Stößelstange (9) und den die Stößelstange (9) direkt antreibenden Nocken mit einer ausreichenden Kraft beaufschlagt wird, um den von dem Nocken vorgegebenen Bewegungen zu folgen, wenn der Stößel (10) die über den Kipphebel (2) auf ihn übertragene Kraft der Ventillfeder (17) nicht auf den Schwinghebel (5) übertragen kann.

10. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (35) einen Stellarm (37) aufweist, der während eines kontinuierlichen Schließens oder einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (1) derart den Schwinghebel (35) durch den in die Kontaktfläche (36) des Stellarmes (37) erfolgenden Eingriff des Stößels (32) positioniert, dass der Schwinghebel (35) zusammen mit der Stößelstange (40) und dem direkt von dem Nocken (38) oder von einer anderen Antriebseinrichtung angetriebenen Stößel (39) aus dem Eingriffsbereich des Nockens oder der anderen Antriebseinrichtungen gezogen wird, wobei die Stößelstange (40) und der Stößel (39) mit dem Schwinghebel (35) auch in der Zugrichtung kraftschlüssig verbunden sind.

11. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der in der Steuerwelle (11) angeordnete Stößel (10) als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet ist, wobei ein hydraulisch arbeitendes Ventilspiel-Ausgleichselement über eine axiale Bohrung in der Steuerwelle (11) mit dem erforderlichen Drucköl versorgt wird.

12. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung zwei durch eigene Stößelstangen (9 und 20) oder direkt durch eigene Nocken angetriebene Schwinghebel (5 und 21) aufweist, in deren Kontaktflächen (6 und 27) um einen geeigneten Drehwinkel in der Steuerwelle (11) versetzt angeordnete Stößel (10 und 23) wechselseitig eingreifen und hierdurch den Kipphebel (2), der hier auch als Schwing- oder Winkelhebel ausgeführt sein kann, wechselseitig antreiben, wodurch der Kipphebel (2) nacheinander durch zwei unterschiedlich geformte Nocken derart angetrieben wird, dass die Kraftmaschine hierdurch für den verbrennungsmotorischen Betrieb nach dem Viertaktverfahren und für eine für die Erzielung einer Bremsleistung erforderliche Druckluft-erzeugung nach dem Zweitaktverfahren betrieben werden kann.

13. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere hintereinander angeordnete Schwinghebel (44, 45 und 46) von unterschiedlichen Nocken oder anderen Antriebseinrichtungen angetrieben werden und jeder Schwinghebel (44, 45 oder 46) über seine kreisförmig nach innen gewölbte um eine Steuerwelle (52) verlaufende Kontaktfläche (48) mittels eines eigenen, in der Steuerwelle (52) axial beweglich gelagerten Stößels (49, 50 oder 51) wechselseitig einen gemeinsamen Schwinghebel (53) antreibt, wobei die Stößel (49, 50 und 51) in der Steuerwelle (52) um einen angepassten Drehwinkel versetzt angeordnet sind und wobei für die Deaktivierung der Stößel (49, 50 und 51) oder für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile die in der Steuerwelle (52)

gelagerten Stößel (49, 50 und 51) nacheinander von den kreisförmig nach innen gewölbten, um die Drehachse der Steuerwelle (52) verlaufenden Kontaktflächen (48) der Schwinghebel (44, 45 und 46) über nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse der Drehgelenke 56 der Schwinghebel (44, 45 oder 46) verlaufende Kontaktflächen (57) der Schwinghebel (44, 45 und 46) auf sich an die Kontaktflächen (57) anschließende, nach innen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle (52) verlaufende Kontaktflächen (60) eines der Drehgelenke (56) und (58) der Schwinghebel (44, 45, 46 und 53) aufweisenden Achshalters (59) gestellt werden.

14. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwinghebel (44, 45 und 46) einander abwechselnd mittels ihres eigenen Stößels (49, 50 und 51) einen gemeinsamen Schwinghebel (53) antreiben, wobei durch eine Drehung der Steuerwelle (52) die gegenseitig um einen angepassten Drehwinkel versetzt in der Steuerwelle (52) angeordneten Stößel (49, 50 oder 51) mit ihren einen Kontaktflächen nacheinander von den Kontaktflächen (60) des Achshalters (59) über die Kontaktflächen (57) auf die Kontaktflächen (48) der zugehörigen Schwinghebel (44, 45 und 46) gestellt werden, mit ihren anderen Kontaktflächen nacheinander auf die Kontaktfläche (54) des Schwinghebels (53) gestellt werden, hierdurch den Schwinghebel (53) nacheinander mit einer sich vergrößernden Schwingbewegung antreiben und der Schwinghebel (53) über eine Stößelstange (55) und über nachfolgende Kipp- Schwing- oder Winkelhebel die Ventile betätigt.

15. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, 13 und 14, dadurch gekennzeichnet, dass die von unterschiedlichen Nocken angetriebenen Schwinghebel (44, 45 und 46) über ihre Stößelstangen (49, 50 und 51) Schwingbewegungen auf die Kontaktfläche (54) des die Ventile antreibenden Schwinghebels (53) übertragen, wodurch etwa die Ventile über den Schwinghebel (44) nach dem Viertaktverfahren für den verbrennungsmotorischen Betrieb mittels eines Erhebungskurve aufweisenden Nockens, über den Schwinghebel (45) für eine Druckluftherzeugung und über den Schwinghebel (46) für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine jeweils nach dem Zweitaktverfahren über zwei weitere Nocken mit zwei Erhebungskurven betätigt werden.

16. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass alle in der Steuerwelle (52) angeordneten Stößel (49, 50 und 51) auf ihrem Verstellweg, wenn diese mit einer ihrer Kontaktflächen von der Kontaktfläche (48) über die Kontaktfläche (57) der Schwinghebel (44, 45 und 46) oder von der Kontaktfläche (54) über eine s-förmige Kontaktfläche (61) und über eine gleiche Wölbung wie die Kontaktfläche (60) aufweisende Kontaktfläche (62) des Schwinghebels (53) auf die Kontaktfläche (60) des Achshalters (59) gestellt sind und hierbei mit ihrer anderen Kontaktfläche die Kontaktfläche (48) der Schwinghebel (44, 45 und 46) oder die Kontaktfläche (54) des Schwinghebels (53) an ihren äußeren Enden verlassen haben, gegen ein Herausfallen aus der Steuerwelle (52) dadurch gesichert sind, dass zwischen den äußeren Enden der Schwinghebel (44, 45, 46 und 53) eine an einem Halter (63) befestigte Blattfeder (64) angeordnet ist, in welche die Stößel (49, 50 und 51) eingreifen.

17. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 13, da-

durch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen Stößel (49, 50 und 51) aufweisen, bei denen ein Herausfallen aus der Steuerwelle (52) durch Sicherungsstifte verhindert wird.

18. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen von ihren Schwinghebeln (44, 45 und 46) angetriebene Stößel (49, 50 und 51) aufweisen, die eigene Schwing-, Kipp- oder Winkelhebel antreiben, wodurch wechselseitig Ventile mit variablen Ventilhublängen und Öffnungszeiten betätigt werden können.

19. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen über Kopf etwa in einem Zylinderkopf angeordnet sind, wodurch der Schwinghebel (53) direkt ein oder mehrere Ventile antreibt und hierbei, wenn ein kontinuierliches Schließen oder eine kontinuierliche Öffnung der Ventile eingestellt ist, sich die von den Nocken (41, 42 und 43) direkt angetriebenen Schwinghebel (44, 45 und 46) mit ihren Nockenrollen (47) von den Nocken (41, 42 und 43) und durch die Schwerkraft angetrieben auf der Steuerwelle (52) ablegen, so dass die Nockenrollen (47) der Schwinghebel (44, 45 und 46) aus dem Eingriffsbereich der Nocken (41, 42 und 43) gestellt sind und hierdurch auf die Anordnung von Rückstellfedern (66) verzichtet werden kann.

20. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen eine Doppelsteuerwelle (68/69) aufweisen, wobei eine Gruppe der die Kipphebel (72) antreibenden Stößel (75) in der äußeren, als Hohlwelle ausgebildeten Steuerwelle (68) und die andere Gruppe der die Kipphebel (73) betätigenden Stößel (76) in der inneren, massiven Steuerwelle (69) axial beweglich gelagert sind, die beiden Steuerwellen (68 und 69) unabhängig voneinander verstellbar sind und wodurch etwa für eine drosselfreie Laststeuerung die Kraftmaschine in dem unteren Drehzahl- und Leistungsbereich nur mit einem mittels eines variablen Hubes einstellbaren Einlassventiles (70) betrieben werden kann, um eine bessere Verwirbelung der Ansaugluft zu bewirken, und für den Betrieb der Kraftmaschine in höheren Drehzahl- und Leistungsbereichen ein oder mehrere Einlassventile (71) mittels eines sich vergrößernden Ventilhubes hinzugeschaltet werden können.

21. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass für eine voneinander unabhängige Verstellung der Stößel (75 und 76) für die in der äußeren, als Hohlwelle ausgebildeten Steuerwelle (68) axial beweglich gelagerten Stößel (75) in der inneren, massiven Steuerwelle (69) eine x-förmige Ausnehmung (79) vorgesehen ist und für die in der inneren, massiven Steuerwelle (69) axial beweglich gelagerten Stößel (76) in der äußeren, als Hohlwelle ausgebildeten Steuerwelle (68) Schlitz (80) vorgesehen sind.

22. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass die als Einlassventile arbeitenden Ventile (70 und 71) Ansaugkanäle mit unterschiedlicher Länge aufweisen.

23. Hubventilsteuerung nach Anspruch 1 und 20, dadurch gekennzeichnet, dass von den im verbrennungsmotorischen Arbeitsverfahren als Auslassventile arbeitenden Ventilen (70 und 71), während die Kraftmaschine eine Bremsleistung erzeugt, derart gesteuert werden, dass hiervon ein oder mehrere Ventile (70 oder 71) mittels einer durch die Hubventilsteuerungen eingestellten kontinuierlichen Öffnung während des Ansaug- Kompressions- und Expansionstaktes einen By-

pass zu den anderen Ventilen (70 oder 71) herstellen.

24. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (91) während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass etwa parallel zwischen den parallel zueinander verlaufenden, geradlinigen Kontaktflächen (94 und 96) von Kipp- und Schwinghebeln (92 und 95) eine Schubstange (100) angeordnet ist, die einen senkrecht zu der Längsachse der Schubstange (100) axial beweglichen Stößel (101) aufweist, der in die Kontaktflächen (94 und 96) eingreift, wobei der Stößel (101) von einem mittels eines Nocken oder einer anderen Einrichtung über eine Stößelstange (99) oder über einen direkt beaufschlagten Schwinghebel (95) angetrieben wird, der Stößel (101) selbst den die Ventile (91) betätigenden Kipphebel (92) antreibt und bei einer für einen Verstellvorgang erfordernden Axialbewegung der Schubstange (100) und bei dem hier erfolgenden gleitenden Eingriff in die Kontaktflächen (94 und 96) das Ventilspiel bei geschlossenen Ventilen (91) in seiner Größe konstant bleibt.

25. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehgelenke (97 und 98) der Kipp- und Schwinghebel (92 und 95) einander entgegengesetzt zu der Längsachse des Stößels (101) angeordnet sind, so dass durch den während eines Verstellvorganges in die Kontaktflächen (94 und 96) der Kipp- oder Schwinghebel (92 und 95) erfolgenden gleitenden Eingriff des Stößels (101) die wirksamen Hebel der Kipp- und Schwinghebel (92 und 96) gegensätzlich in ihrer Länge verändert werden, wodurch die Einstellpositionen zwischen einem kontinuierlichen Schließen der Ventile (91) und der maximalen Ventilhublänge mittels einer kurzen Axialbewegung der Schubstange (100) eingestellt werden können.

26. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Schubstange (100), in zwei Achshaltern (102 und 103) längsbeweglich, mittels einer Längsverzahnung oder Passfedern unverdrehbar gelagert, an ihrem einen Ende eine Kurbelschleife (107) aufweist, in die eine an einem Kurbelarm (104) einer Kurbelwelle (105) befestigte Exzentrerscheibe (106) mit einem oder ohne einen Gleitstein eingreift.

27. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (91) sich in dem Bereich des Drehgelenkes (97) des den Stößel (101) antreibenden Schwinghebels (95) auf dem Schwinghebel (95) an die geradlinige Kontaktfläche (96) eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Drehgelenkes (97) verlaufende Kontaktfläche (108) anschließt, wodurch bei einem Eingriff des Stößels (101) in diese Kontaktfläche (108) für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (91) kein Antrieb des für die Betätigung der Ventile (91) vorgesehenen Kipphebels (92) erfolgt, obwohl der für den Antrieb des Stößels (101) vorgesehene Schwinghebel (95) eine Schwingbewegung durchführt.

28. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24 und 27, dadurch gekennzeichnet, dass sich für die Herstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (91) an die kreisförmige Kontaktfläche (108) eine feststehende, geradlinige Kontaktfläche (109) anschließt, auf welche der Stößel (101) gestellt wird, um die von der Schwingbewegung des Schwinghebels (95) herrührende Gleitreibung zu vermeiden.

29. Hubventilsteuerungen nach Anspruch 24 und 28,

dadurch gekennzeichnet, dass sich für die Herstellung einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (91) an die Kontaktfläche (109) eine schräge, sich der Schubstange (100) annähernde Kontaktfläche (110) anschließt, auf die der Stößel (101) mit einer seiner beiden Kontaktflächen gestellt wird, wobei an dem Ende des Kipphebels (92) statt der Kontaktfläche (94) eine Stellnase (111) angeordnet sein kann, auf welche der Stößel (101) mit seiner anderen Kontaktfläche gleichzeitig gestellt wird, wobei der Stößel (101) die für eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (91) erforderliche Hubbewegung in der Schubstange (100) ausführt.

30. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24 und 29, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Verstellen des Stößels (101) auf der Kontaktfläche (110) und der Stellnase (111) der Ventilhub der kontinuierlichen Öffnung stufenlos eingestellt werden kann.

31. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24 und 29, dadurch gekennzeichnet, dass die geradlinige Kontaktfläche (109) und die sich hier anschließende, nach innen gewölbte Kontaktfläche (110) in dem Achshalter (102) eingearbeitet sind, der das Drehgelenk (97) für einen den Stößel (101) antreibenden Schwinghebel (95) aufweist.

32. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (95) eine Rückstellfeder (113) aufweist, durch die ein nicht von dem Stößel (101) beaufschlagter Schwinghebel (95) mit seiner Stößelstange (99) und den die Stößelstange (99) direkt antreibenden Einrichtungen veranlasst wird, den von dem Nocken oder von anderen Antriebseinrichtungen vorgegebenen Bewegungen zu folgen.

33. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der in der Schubstange (100) angeordnete Stößel (101) als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet ist, wobei ein hydraulisch arbeitendes Ventilspiel-Ausgleichselement über eine axiale Bohrung in der Schubstange (100) mit dem erforderlichen Drucköl versorgt wird und das Drucköl über eine flexible Leitung oder über einen in dem Achshalter (102) eingebrachten Kanal, mittels einer beiderseitig abgedichteten Lagerstelle des Achshalters (102) und von dort über eine radiale Bohrung der Schubstange (100) in die axiale Bohrung der Schubstange (100) eingespeist wird.

34. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung zwei durch eigene Stößelstangen (99 und 116) oder direkt durch Nocken oder andere Antriebseinrichtung angetriebene Schwinghebel (95 und 117) aufweist, in deren Kontaktflächen (96) die den Kipphebel (92) antreibenden Stößel (101 und 114) wechselseitig eingreifen, wodurch der Kipphebel (92) nacheinander durch zwei unterschiedliche Nocken oder durch zwei Antriebseinrichtungen mit einem unterschiedlichen Steuerprogramm angetrieben werden kann und hierdurch die Kraftmaschine mit zwei unterschiedlichen Ventilsteuerzeiten z. B. in einem nach dem Viertaktverfahren erfolgenden verbrennungsmotorischen Betrieb und in einer nach dem Zweitaktverfahren erfolgenden Druckluftzerzeugung für die Erzielung einer Bremsleistung betrieben werden kann.

35. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Stößel (101) mit gleichzeitigen Verstellbewegungen in einer aus einem Flachprofil gebildeten Schubstange (100) entsprechend ihres Steuerprogramms gegeneinander in Längs- und Querrichtung versetzt, axial beweglich gelagert sind, wobei

die Stößel (101) von eigenen oder gemeinsamen Schwinghebeln (95) angetrieben werden und einen eigenen oder gemeinsamen Kipphebel (92) antreiben.

36. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (117) einen Stellarm (120) aufweist, der durch einen von dem Stößel (114) in die Kontaktfläche (119) des Stellarmes (120) erfolgenden Eingriff, wobei eine feststehende, in den Achshalter (103) eingearbeitete Kontaktfläche (121) als Widerlager dient, den Schwinghebel (117) mit der Stößelstange (116) und den direkt von dem Nocken angetriebenen Stößel aus dem Eingriffsbereich des Nockens während eines kontinuierlichen Schließens oder einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (91) bewegt und der Schwinghebel (115) sowie der direkt von dem Nocken angetriebene Stößel über die Stößelstange (116) auch in der Zugrichtung miteinander verbunden sind.

37. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer größeren Anzahl in einer Reihe angeordneter Ventile (91) mit gleichzeitigen Verstellbewegungen die Stößel (101) auf einer Platte angeordnet sind, wobei die Platte rechtwinklig zu den Drehsachsen der Kipp- und Schwinghebel (92 und 95) verstellbar sind.

38. Hubventilsteuerung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen für die Betätigung der Ventile (91) mit unterschiedlichen Steuerprogrammen zwei parallel zueinander verlaufende, in einer Ebene angeordnete Schubstangen (100) aufweist, die durch zwei übereinander angeordnete Kurbelwellen (105) verstellt werden, deren an ihren Kurbelarmen (104) befestigte Exzenterscheiben (106) einerseits von oben in eine nach oben und andererseits von unten in eine nach unten geöffnete Kurbelschleife (107) eingreifen.

39. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung einen von einem Nocken (124) oder anderen Antriebseinrichtungen angetriebenen Schwinghebel (123) besitzt, der eine Kontaktfläche (125) aufweist, in die ein von einem Stellhebel (127) über einen Gelenkpunkt (126) geführter, beweglicher Gleitstein (128) mit einer zylindrischen Kontaktfläche (129) eingreift, wobei der Gleitstein (128) einen durch eine etwa halbkugelförmige Ausnehmung gebildeten Gelenkpunkt (131) für die Lagerung einer zu dem Gelenkpunkt (134) eines Kipphebels (133) führenden Stößelstange (132) aufweist, die Kontaktfläche (125) des Schwinghebels (123) in einem Kreisbogen verläuft und, wenn die Ventile geschlossen sind, der Mittelpunkt des Kreisbogens der Kontaktfläche (125) in dem Gelenkpunkt (134) des Kipphebels (133) liegt, wobei sich die Radiuslänge (R) des Kreisbogens der Kontaktfläche (125) aus dem Abstand der Gelenkpunkte (131 und 134) zueinander unter Hinzufügung der Radiuslänge (R1) der zylindrischen Kontaktfläche (132) des Gleitsteines (128) ergibt, wodurch bei der Verstellbewegung des Gleitsteines (128) auf der Kontaktfläche (125) das Ventilspiel bei geschlossenen Ventile (122) nicht verändert wird.

40. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Schwinghebel (123) ein die Steuerwelle (130) überragender Stellarm (136) mit einer nach innen gewölbten, sich an die Kontaktfläche

(125) des Schwinghebels (123) anschließenden Kontaktfläche (137) angeordnet ist, wobei, wenn der Gleitstein (128) auf der Kontaktfläche (132) durch eine Drehung der Steuerwelle (129) mittels des Stellhebels (127) in die Richtung der Steuerwelle (129) bewegt wird, sich der Ventilhub verkleinert, im Bereich der Steuerwelle (129) ein kontinuierliches Schließen erzielt wird, durch seine weitere erfolgende Bewegung auf die Kontaktfläche (137) des Stellarmes (136) der Stellarm (136) den Schwinghebel (125) aus dem Eingriffsbereich des Nockens (124) bewegt und der Stellarm (136) hiernach gegen ein Widerlager (139) gedrückt wird.

41. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39 und 40, dadurch gekennzeichnet, dass sich auf dem Stellarm (137) an die Kontaktfläche (137) eine nach außen gewölbte Kontaktfläche (138) anschließt, durch die und durch den Kontakt des Stellarmes (136) mit dem Widerlager (139) eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (122) erzielt wird, wenn der Gleitstein (128) auf diese Kontaktfläche (138) gestellt wird.

42. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Verstellen des Gleitsteines (128) auf der Kontaktfläche (138) des Stellarmes (136) der Ventilhub der kontinuierlichen Öffnung stufenlos eingestellt werden kann.

43. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Gleitstein (128) beiderseitig Führungsschienen (142) angeordnet sind, die den Gleitstein (128) auf der Kontaktfläche (125) des Schwinghebels (123) führen.

44. Hubventilsteuerung Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerwelle (129) gleichfalls als Lagerung der Schwinghebel (123) herangezogen wird.

45. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, dass an Stelle des Gleitsteines (128) ein Zwillingsrollenbock angeordnet ist, dessen Achskörper einen für die Stößelstange (144) vorgesehenen Gelenkpunkt (145) aufweist und an dem beiderseitig in die Kontaktfläche (147) des Schwinghebels (148) eingreifende Rollen (143) angeordnet sind, wobei der Achskörper (146) eine Führungsfeder (149) besitzt, die in eine Längsnut (150) des Schwinghebels (148) eingreift.

46. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung einen von einem Nocken (153) oder anderen Antriebseinrichtungen angetriebenen Schwinghebel (152) aufweist, der eine Kontaktfläche (154) für den Eingriff eines Stößels (155) aufweist, wobei der Stößel (155) in einem von einem Stellhebel (160) über eine Gelenkstange (161) angetriebenen, auf Führungsstangen (158) längs beweglich gelagerten Führungsschlitzen (156) axial beweglich gelagert ist, der Stößel (155) einen durch eine etwa halbkugelförmige Ausnehmung gebildeten Gelenkpunkt (164) für die Lagerung einer zu dem Gelenkpunkt (167) eines im Zylinderkopf angeordneten Kipphebels (166) führenden Stößelstange (165) aufweist, die Kontaktfläche (154) des Schwinghebels (152) für den Eingriff des Stößels (155) nach innen gewölbt in einem Kreisbogen verläuft, dessen Radiuslänge (R) dem durch die Stößelstange (165) vorgegebenen Abstand (L) von dem Gelenkpunkt (164) des Stößels (155) zu dem Gelenkpunkt (167) des Kipphebels (166) unter Hinzufügung der Radiuslänge (R2) der

nach außen gewölbten, in die Kontaktfläche (154) des Schwinghebels (152) eingreifenden Kontaktfläche des Stößels (155) entspricht und der Mittelpunkt der kreisförmigen Kontaktfläche (154) des Schwinghebels (152), wenn die Ventile (151) geschlossen sind, sich in einem Abstand (L1) unter dem Gelenkpunkt (167) des Kipphebels (166) auf einer Linie befindet, die in einer bestimmten Stellposition die Längsachse sowohl des Stößels (155) als auch die der Stößelstange (165) bildet, wobei der Abstand (L1) der Abstand von dem Mittelpunkt der kreisförmigen, in die Kontaktfläche (154) des Schwinghebels (152) eingreifenden Kontaktfläche des Stößels (155) zu dem Mittelpunkt des Gelenkpunktes (164) des Stößels (155) ist, wodurch während der Verstellbewegung das Ventilspiel bei geschlossenen Ventilen (151) konstant bleibt.

47. Hubventilsteuerung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die Kontaktfläche (154) des Schwinghebels (152) im Bereich des Drehgelenkes (162) des Schwinghebels (152) eine nach innen gewölbte Kontaktfläche (169) anschließt, wobei, wenn der Stößel (155) auf der Kontaktfläche (154) durch eine Drehung der Steuerwelle (159) mittels des Stellhebels (160) und der Gelenkstange (161) in die Richtung der Steuerwelle (159) bewegt wird, sich der Ventilhub verkleinert, im Bereich der Steuerwelle (159) ein kontinuierliches Schließen der Ventile (151) erzielt, durch seine weitere erfolgende Bewegung auf die Kontaktfläche (169) der Schwinghebel (152) aus dem Eingriffsbereich des Nockens (153) bewegt und der Schwinghebel (152) hiernach mit seiner Kontaktfläche (170) gegen ein Widerlager (171) gedrückt wird.

48. Hubventilsteuerung nach Anspruch 46 und 47, dadurch gekennzeichnet, dass durch den Kontakt mit dem Widerlager (171) eine weitere Schwenkbewegung des Schwinghebels (152) verhindert wird, wodurch mittels einer weiteren Bewegung des Stößels (155) auf der Kontaktfläche (169) eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (151) erzielt wird und mit einem Verstellen des Stößels auf der Kontaktfläche (169) der Ventilhub der kontinuierlichen Öffnung stufenlos eingestellt werden kann.

49. Hubventilsteuerung nach dem Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass in dem das Drehgelenk (162) des Schwinghebels (152) und die Lagerung der Steuerwelle (159) aufweisenden Achshalter (157) die Führungsstangen (158) als Kragarm eingespannt oder die Führungsstangen (158), in zwei Haltern gelagert, als Einfeldträger ausgebildet sind.

50. Hubventilsteuerung nach Anspruch 46 und 49, dadurch gekennzeichnet, dass die Führungsschlitten (156) der Stößel (155) nur halbseitig in die Führungsstangen (158) eingreifen, so dass benachbarte Führungsschlitten (156) auf beiden Seiten der Führungsstangen (158) in Raum sparender Weise längsbeweglich angeordnet werden können.

51. Hubventilsteuerung nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, dass anstelle des massiven Stößels (155) in dem Führungsschlitten (176) ein gabelförmiger Rollenstößel angeordnet ist, der zwischen den Gabelholmen seines Stößelkörpers (174) eine auf einer Achse (173) angeordnete Rolle (172) und einen Gelenkpunkt (177) für eine Stößelstange (178) aufweist.

52. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventil-

steuerung eine Steuerwelle (191) mit einem mit ihr drehfest verbundenen, einen Gelenkpunkt (188) für einen Waagebalken (190) aufweisenden Stellhebel (189) aufweist, wobei der Waagebalken (190) mit an seinen beiden Enden angeordneten Rollen (187) in die Kontaktflächen (186) von zwei auf einer gemeinsamen Achse (183) gelagerten Schwinghebeln (180 und 184) eingreift, der Schwinghebel (180) über eine Nockenrolle (181) von einem Nocken (182) angetrieben wird und hierdurch der Schwinghebel (184) von dem Schwinghebel (180) über den Waagebalken (190) angetrieben wird, wodurch die Ventile (179) betätigt werden.

53. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktflächen (186) der Schwinghebel (180 und 184) kreisförmig nach innen mit einer Radiuslänge (R1) gewölbt sind, die der Summe aus dem von der Drehachse der Steuerwelle (191) zu der Drehachse des Waagebalkens (190) auf dem Stellhebel (189) vorhandenen Abstand (L) und der Radiuslänge (R2) der in die Kontaktflächen (186) eingreifenden Rollen (187) entspricht und dass während einer Verstellbewegung die Abstandslinie (L) sowie die die Eingriffspunkte der Rollen (187) auf den Kontaktflächen (186) sowie die Drehachsen der Rollen (187) durchlaufenden Verbindungslinien immer parallel zueinander verlaufen, wenn sich die Nockenrolle (181) auf dem Nockengrundkreis befinden und die Rollen (187) in die Kontaktflächen (186) eingreifen, so dass hierbei während einer Verstellbewegung durch die hierbei erzielte parallel geführte Kreisbewegung des Waagebalkens (190) das Ventilspiel konstant bleibt.

54. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die Kontaktfläche (186) des von dem Nocken (182) angetriebenen Schwinghebels (180) auf dem Schwinghebel (180) eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Schwinghebels (180) verlaufende Kontaktfläche (192) anschließt, wobei während eines Eingriffs der entsprechenden Rolle (187) des Waagebalkens (190) in diese Kontaktfläche (192) keine Ventilbetätigung erfolgt.

55. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52 und 54, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die kreisförmige Kontaktfläche (192) auf dem Schwinghebel (180) eine Stellnase (193) anschließt, wobei durch einen Eingriff der entsprechenden Rolle (187) des Waagebalkens (190) in die Stellnase (193) die Nockenrolle (181) des Schwinghebels (180) aus dem Eingriffskreis des Nockens (182) gegen ein einen Stoßdämpfer (195) aufweisendes Widerlager (194) gestellt wird.

56. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52 und 55, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine weitere Bewegung der Rolle (187) auf der Stellnase (193) und durch den hierbei gleichzeitig erfolgenden Eingriff in die sich an die Kontaktfläche (186) anschließende, nach innen gewölbte Kontaktfläche (196) des die Ventile (179) betätigenden Schwinghebels (184) eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (179) hergestellt wird.

57. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52 und 56, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine Veränderung der Position der in die Stellnase (193) und in die nach innen gewölbte Kontaktfläche (196) eingreifenden Rollen (187) die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile (179) stufenlos verändert wird.

58. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile (179) von dem die Ventile (179) antreibenden Schwinghebel (184) über ein Ventilspiel-Ausgleichselement (185) betätigt wer-

den.

59. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass der von dem Nocken (182) angetriebene Schwinghebel (180) oder der die Ventile (179) betätigende Schwinghebel (184) auf dem Gelenkpunkt eines Ventils-Ausgleichselementes gelagert ist, während jeweils der andere Schwinghebel (180 oder 184) auf einer über dem Gelenkpunkt des Ventils-Ausgleichselementes angeordneten Achse (183) gelagert ist.
60. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass der mit seinen Rollen (187) in die Kontaktflächen (186) der Schwinghebel (180 und 184) eingreifende Waagebalken (190) in dem Gelenkpunkt eines Stellhebels (189) gelagert ist, dessen Steuerwelle (191) gleichzeitig für die Lagerung der Schwinghebel (180 und 184) dient, wobei die Kontaktflächen (186) der Schwinghebel (180 und 184) nach außen gewölbt sind.
61. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung über Kopf etwa in einem Kurbelgehäuse angeordnet ist, wobei der Schwinghebel (184) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.
62. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile sowie für die stufenlose Herstellung einer Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung ein in einer Steuerwelle (203) schwenkbares Ventils-Ausgleichselement (202) aufweist, auf dessen Gelenkpunkt (201) ein über eine Nockenrolle (199) von einem Nocken (200) angetriebener Schwinghebel (198) gelagert ist, der eine Kontaktfläche (209) aufweist, in welche die Rolle (208) eines die Ventile (197) betätigenden Kipphebels (205) eingreift.
63. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (209) des Schwinghebels (198) kreisförmig nach innen gewölbt ist und eine Radiuslänge (R3) aufweist, die sich aus der Summe des Abstandes (L) von der Drehachse der Steuerwelle (203) zu der Drehachse des Gelenkpunktes (201) des Ventils-Ausgleichselementes (202) und der Radiuslänge (R4) der in die Kontaktfläche (209) eingreifenden Rolle (208) des Kipphebels (205) ergibt und dass die Summe der Radiuslänge (R1) des Nockenrundkreises und der Radiuslänge (R2) der Nockenrolle (199) gleich der Länge des Abstandes (L) ist, wobei während einer Verstellbewegung die Abstandslinie L, die Verbindungslinie von der Drehachse des Nockens (200) zu der Drehachse der Nockenrolle (199) und die Verbindungslinie des Eingriffspunktes der Rolle (208) des Kipphebels (205) auf der Kontaktfläche (209) zu der Drehachse der Rolle (208) immer parallel zueinander verlaufen, wenn sich die Nockenrolle (199) auf dem Nockenrundkreis und sich die Rolle (208) auf der Kontaktfläche (209) befindet, so dass durch die hierbei erzielte parallel geführte Kreisbewegung des Schwinghebels (198) während der Verstellbewegung die Rolle (208) des Kipphebels (205) nicht bewegt wird und hierdurch das Ventils-Ausgleichselement (202) konstant bleibt und durch den sich gleichzeitig verändernden Drehwinkel des Eingriffs der Nockenrolle (199) in die Nockenbahn eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung hergestellt wird.
64. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch

gekennzeichnet, dass sich an die Kontaktfläche (209) auf dem Schwinghebel (198) eine kreisförmig um die Drehachse des Schwinghebels (198) verlaufende Kontaktfläche (211) anschließt, wobei während eines Eingriffs der Rolle (208) des Kipphebels (205) in diese Kontaktfläche (211) die Ventile (197) nicht betätigt werden.

65. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62 und 64, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die kreisförmige Kontaktfläche (211) eine Stellnase (212) auf dem Schwinghebel (198) anschließt, wodurch bei einem Eingriff der Rolle (208) des Kipphebels (205) in die Stellnase (212) die Nockenrolle (199) des Schwinghebels (198) aus dem Eingriffskreis des Nockens (200) und der Schwinghebel (198) gegen ein einen Stoßdämpfer (214) aufweisendes Widerlager (213) gestellt wird.

66. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62 und 65, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine weitere Verstellbewegung der Rolle (208) auf die Stellnase (212) der Kipphebel (205) eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (197) herstellt, wobei durch eine Veränderung der Position der Rolle (208) auf der Stellnase (212) die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile (197) stufenlos verändert wird.

67. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62 dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerwelle (203) eine Längsbohrung für die Druckölversorgung der in der Steuerwelle (203) angeordneten, hydraulisch arbeitenden Ventils-Ausgleichselemente (202) aufweist.

68. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass in der Steuerwelle (203) die Ventils-Ausgleichselemente (202) rechtwinklig zu der Längsachse der Steuerwelle (203) mit unterschiedlichen Drehwinkeln auf der Steuerwelle (203) angeordnet sind, um einzelne Ventile (197) oder Ventilgruppen (197) über nebeneinander liegende Hubventilsteuerungen, die sich in gleichen oder unterschiedlichen Verstellpositionen befinden und von gleichen oder unterschiedlichen Nocken (200) sowie anderen Einrichtungen angetrieben werden, mit unterschiedlichen Steuerprogrammen betätigen zu können.

69. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die in die Kontaktfläche (209) des Schwinghebels (198) eingreifende Rolle (208) beiderseitig angeordnete Spurkränze (210) aufweist, um ein Verschwenken des Schwinghebels (198) um die Längsachse des Ventils-Ausgleichselementes (202) zu verhindern.

70. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass der die Ventile (197) betätigende Kipphebel (205) im Bereich seines Drehgelenkes (206) abgewinkelt ist.

71. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung über Kopf in einem Kurbelgehäuse angeordnet ist, wobei der Kipphebel (205) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

72. Hubventilsteuerung nach Anspruch 62, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung in dem Zylinderkopf über Kopf angeordnet ist, wobei der Kipphebel (205) als Schwinghebel ausgebildet und die Kontaktfläche für die Betätigung der Ventile (197) im Bereich der Rolle (208) angeordnet ist.

73. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftma-

schine, dadurch gekennzeichnet, dass ein die Ventile (215) betätigender, auf dem Gelenkpunkt (221) eines Ventilspiel-Ausgleichselementes (222) gelagerter Schwinghebel (220) und ein von einem Nocken (218) über eine Nockenrolle (217) angetriebener Schwinghebel (216) geradlinige, aufeinander gerichtete Kontaktflächen (225 und 226) aufweisen, die zueinander parallel verlaufen, wenn sich die Nockenrolle (217) auf dem Nockengrundkreis befindet und dass eine zwischen den Kontaktflächen (225 und 220) befindliche, über einen Gelenkstab (228) angetriebene Rolle (227) in die Kontaktflächen (225 und 226) eingreift, wobei der Gelenkstab (228) mit dem Gelenkpunkt (229) eines drehfest auf einer Steuerwelle (219) gelagerten Stellhebels (230) verbunden ist, der von dem Nocken (218) angetriebene Schwinghebel (216) auf der Steuerwelle (219) drehbar gelagert ist und das Ventilspiel, wenn sich die Nockenrolle (217) auf dem Nockengrundkreis befindet, hierbei während einer Verstellbewegung der Rolle (227) von der maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile (215) konstant bleibt.

74. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass die Drehachse des von dem Nocken (218) angetriebenen Schwinghebels (216) in dem Bereich des Ventiles (215) angeordnet und der für den die Ventile (215) antreibenden Schwinghebel (220) vorgesehene Gelenkpunkt (221) des Ventilspiel-Ausgleichselementes (222) etwa im Bereich des Nockens (218) angeordnet ist, wodurch während eines Verstellvorganges die wirksamen Hebel der Schwinghebel (216 und 220) sich in ihrer Größe einander entgegengesetzt verändern und hierdurch ein kurzer Verstellweg erzielt wird.

75. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass sich an die Kontaktfläche (225) des von dem Nocken (218) angetriebenen Schwinghebels (216) eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse des Schwinghebels (216) verlaufende Kontaktfläche (231) anschließt, wodurch während eines Eingriffs der Rolle (227) in diese Kontaktfläche (231) keine Hubbewegungen der Ventile (215) erzeugt werden, der Schwinghebel (216), durch den Nocken (218) und die Schwerkraft angetrieben, sich mit seiner Nockenrolle (217) aus dem Eingriffskreis des Nockens (218) bewegt und sich auf dem die Ventile (215) betätigenden Schwinghebel (220) ablegt.

76. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73 und 75, dadurch gekennzeichnet, dass etwa im Bereich der Ventile (215) auf dem die Ventile (215) betätigenden Schwinghebel (220) eine Stellnase (232) angeordnet ist, wodurch bei einem Eingriff der Rolle (227) in die Stellnase (232) und in die als Widerlager dienende, kreisförmige Kontaktfläche (231) des von dem Nocken angetriebenen Schwinghebels (216) eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (215) hergestellt wird und durch eine Veränderung der Position der Rolle (227) auf der Stellnase (232) die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile (215) stufenlos verändert wird.

77. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass, um ein Verschwenken des die Ventile (215) antreibenden Schwinghebels (220) um die Längsachse des Ventilspiel-Ausgleichselementes (222) zu verhindern, beidseitig an den Kontaktflächen (224) des die Ventile (215) betätigenden Schwinghebels (220) Führungsschienen (223) angeordnet sind oder die in die Kontaktflächen (225 und

226) der beiden Schwinghebel (216 und 220) eingreifende Rolle (227) beiderseitig angeordnete Spurränze aufweist.

78. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa im Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist und mit ihrem Schwinghebel (220) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

79. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile sowie für die stufenlose Herstellung einer Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass ein die Ventile (233) betätigender, auf dem Gelenkpunkt (241) eines Ventilspiel-Ausgleichselementes (242) gelagerter Schwinghebel (240) eine Rolle (246) aufweist, die in die kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche (245) eines über eine Nockenrolle (235) durch einen Nocken (236) angetriebenen, in dem Gelenkpunkt (237) eines an einer Steuerwelle (238) befestigten Stellhebels (239) gelagerten Schwinghebels (234) eingreift, wobei die Radiuslänge (R3) der Kontaktfläche (245) des von dem Nocken (236) angetriebenen Schwinghebels (234) sich aus der Summe des Abstandes (L) von der Drehachse der Steuerwelle (238) zu der Drehachse des Gelenkpunktes (237) auf dem Stellhebel (239) und der Radiuslänge (R4) der Rolle (246) des Schwinghebels (240) ergibt, der Abstand (L) gleich der Radiuslänge (R) ist, der sich aus der Summe der Radiuslänge (R1) des Nockengrundkreises und der Radiuslänge (R2) der Nockenrolle (235) ergibt, die Abstandslinie (L), die Verbindungslinie, welche die Drehachse des Nockens (236) und die Drehachse der Nockenrolle (235) durchläuft sowie die Verbindungslinie, die den Eingriffspunkt der Rolle (246) auf der Kontaktfläche (245) und die Drehachse der Rolle (246) durchläuft, während der Verstellbewegung immer parallel zueinander verlaufen, wenn sich die Nockenrolle (235) auf dem Nockengrundkreis befindet und die Rolle (246) des Schwinghebels (234) in die Kontaktfläche (245) des Schwinghebels (234) eingreift, so dass durch die hierbei erzielte parallel geführte Kreisbewegung des Schwinghebels (234) das Ventilspiel während der Verstellbewegung konstant bleibt und durch den sich gleichzeitig verändernden Drehwinkel des Eingriffs der Nockenrolle (235) in die Nockenbahn eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erzielt wird.

80. Hubventilsteuerung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Schwinghebel (234) sich an die kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche (245) eine kreisförmig um die Drehachse des Gelenkpunktes (237) nach außen gewölbte Kontaktfläche (247) anschließt, wodurch bei einem Eingriff der Rolle (246) des Schwinghebels (240) in diese Kontaktfläche (247) keine Ventilbetätigung erfolgt, der Schwinghebel (234), durch den Nocken (236) und die Schwerkraft angetrieben, sich mit seiner Nockenrolle (235) aus dem Eingriffskreis des Nockens (236) bewegt und sich auf dem die Ventile (233) betätigenden Schwinghebel (240) ablegt.

81. Hubventilsteuerung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass der eine Gabel aufweisende oder aus zwei Flachstäben hergestellte Stellhebel (239) Stellnasen (248) aufweist, die in die Rolle (246) des Schwinghebels (240) eingreifen, wodurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (233) hergestellt wird

und durch ein Verändern der Position der Stellnasen (248) auf der Rolle (246) die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung stufenlos verändert wird.

82. Hubventilsteuerung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (240) an seinen die Ventile (233) betätigenden Kontaktflächen (243) beiderseitig angeordnete Führungsschienen (244) oder die in die Kontaktfläche (245) des Schwinghebels (234) eingreifende Rolle (246) Spurkränze aufweist, um ein Verschwenken des Schwinghebels (240) um die Längsachse des Ventilspiel-Ausgleichselementes (242) zu vermeiden.

83. Hubventilsteuerung nach Anspruch 79, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist und über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

84. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung sowie für eine stufenlose Herstellung einer Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass der von dem Nocken (250) angetriebene Schwinghebel (249) eine als Freiraum für die Erhebung des Nockens (250) dienende Ausnehmung (251) aufweist, um die Baugröße der Hubventilsteuerung zu vermindern, wobei der Schwinghebel (249) in dem Bereich der Ausnehmung ein tragfähiges U-Profil besitzt.

85. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84, dadurch gekennzeichnet, dass der auf dem Gelenkpunkt (261) eines Ventilspiel-Ausgleichselementes (254) gelagerte Schwinghebel (253) zwei Ventile (252) antreibt, wobei der Schwinghebel (253), gegabelt ausgeführt ist und im Bereich des Ventilspiel-Ausgleichselementes (254) eine verschraubte Stoßfuge aufweist, zwischen seinen Gabelholmen eine eingepresste Achse (260) mit einer, räumlich drehbaren Rolle (255) angeordnet ist und die Rolle (255) für ihre Längsführung in die Kontaktfläche (256) des Schwinghebels (249) mittels eines umlaufenden Führungsringes (257) in eine Längsnut (258) der Kontaktfläche (256) des Schwinghebels (249) eingreift.

86. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass der im Stoßbereich des Schwinghebels (253) liegende Gelenkpunkt (261) des Ventilspiel-Ausgleichselementes (254) mittels einer eingesetzten Buchse ausgeführt ist.

87. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass die Rolle (255) als Pendelrollenlager, Pendelkugellager oder Kugelgelenk ausgebildet ist.

88. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass die Rolle (255) für ihre Längsführung in ihrem Außenring eine umlaufende Nut aufweist, die in einen Führungssteg der Kontaktfläche (256) eingreift.

89. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass die Rolle (255) an ihren Stirnseiten mittels beiderseitig an der Kontaktfläche (256) angeordneter Führungsschienen längs geführt ist.

90. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass der Außenring der Rolle (255) für seine Längsführung eine ballige Oberfläche für den Eingriff in eine entsprechende Hohlkehle der Kontaktfläche (256) aufweist.

91. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84 und 85, dadurch gekennzeichnet, dass der Innenring der Rolle

(255) mit der die Rolle (255) tragenden Achse (260) integriert ist.

92. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84, dadurch gekennzeichnet, dass für den Antrieb von vier in einem Zylinderkopf angeordneten Ventilen (252), wobei die Einlass- und die Auslassventile (252) voneinander getrennt, beiderseitig zu einer Nockenwelle angeordnet sind, zwei Ventile (252) durch einen mittig angeordneten, gegabelten Schwinghebel (253) betätigt werden, während zwei Ventile (252) durch zwei beiderseitig von dem Schwinghebel (253), spiegelbildlich zu dem gegabelten Schwinghebel 253 angeordnete Schwinghebel betätigt werden und alle Schwinghebel in einfacher Weise durch eine etwa mittig angeordnete Nockenwelle angetrieben werden können.

93. Hubventilsteuerung nach Anspruch 84, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist und über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

94. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung sowie für eine stufenlose Herstellung einer Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere die Ventile (265) direkt betätigende Stößel (266) eine kreisförmig nach außen gewölbte Kontaktfläche (267) aufweisen, in die ein von einem Nocken (263) über eine Nockenrolle (269) angetriebener, in dem Gelenkpunkt (270) eines von einer Steuerwelle (271) angetriebenen Stellhebels (272) gelagerter Schwinghebel (262) mit einer kreisförmig nach innen gewölbten Kontaktfläche (268) eingreift, wobei die Radiuslänge (R) der Kontaktfläche (268) des Schwinghebels (262) sich aus der Summe des Abstandes (L) von der Drehachse der Steuerwelle (271) zu der Drehachse des Gelenkpunktes (270) auf dem Stellhebel (272) und der Radiuslänge (R1) der kreisförmigen Kontaktfläche (267) des Stößels (266) ergibt, der Abstand (L) gleich der Summe der Radiuslänge (R2) des Nockengrundkreises und der Radiuslänge (R3) der Nockenrolle (269) ist sowie beide Abstandslinien (L) und die den Eingriffspunkt der Kontaktfläche (267) des Stößels (266) auf der Kontaktfläche (268) des Schwinghebels (262) und den Mittelpunkt des Kreisbogens der Kontaktfläche (267) des Stößels (266) durchlaufende Verbindungslinie während der Verstellbewegung immer parallel zueinander verlaufen, wenn die Nockenrolle (269) in den Nockengrundkreis und die Kontaktfläche (267) des Stößels (266) in die Kontaktfläche (268) des Schwinghebels (262) eingreift, wodurch bei der hier erzielten parallel geführten Kreisbewegung des Schwinghebels (262) das Ventilspiel während der Verstellbewegung konstant bleibt und durch den sich gleichzeitig verändernden Drehwinkel des Eingriffs der Nockenrolle (269) in die Nockenbahn eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erzielt wird.

95. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Schwinghebel (262) sich an die kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche (268) eine kreisförmig um die Drehachse des Gelenkpunktes (270) nach außen gewölbte Kontaktfläche (273) anschließt, wodurch bei einem Eingriff der Kontaktfläche (267) des Stößels (266) in diese Kontaktfläche (273) die Ventile (265) nicht betätigt werden, der Schwinghebel (234), durch den Nocken (263) und die

Schwerkraft angetrieben, sich mit seiner Nockenrolle (269) aus dem Eingriffskreis des Nockens (263) bewegt und sich auf dem Zylinderkopfboden ablegt.

96. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass der gegabelte Stellhebel (272) an seinen Gabelholmen Stellnasen (274) aufweist, die in die Kontaktfläche (267) des Stößels (266) eingreifen, wodurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (265) hergestellt wird und durch ein Verändern der Position der Stellnasen (274) auf der Kontaktfläche (246) die Ventilhublänge der kontinuierlichen Öffnung stufenlos verändert wird.

97. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass die Kontaktfläche (267) des Stößels (266) aus einem Vierkant gefertigt ist, so dass die Kontaktfläche (267) die Mantelfläche eines Halbzylinders aufweist.

98. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass auf dem Stößel (266) eine Rolle angeordnet ist, die in die Kontaktfläche (268) des Schwinghebels (262) eingreift.

99. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass der Stößel (266) als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgeführt ist.

100. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass der Stößel (266) als Kolben einer Einspritzpumpe ausgebildet ist.

101. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwinghebel (262) als Freiraum für die Erhebung des Nockens (263) eine Ausnehmung (264) aufweist, um die Baugröße der Hubventilsteuerung zu vermindern, wobei der Schwinghebel (262) in dem Bereich der Ausnehmung ein tragfähiges U-Profil besitzt.

102. Hubventilsteuerung nach Anspruch 94, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist, wobei der Stößel (266) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

103. Hubventilsteuerung für eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge, die Einstellung eines kontinuierlichen Schließens und einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile sowie für eine stufenlose Herstellung einer Phasenverschiebung der Ventilbetätigung während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass ein bogenförmiger oder t-förmiger, von einem Nocken (278) über eine Nockenrolle (277) angetriebener, in dem Gelenkpunkt (279) eines von einer Steuerwelle (280) angetriebenen Stellhebels (281) gelagerter Schwinghebel (276) etwa mittig eine Lagerung für die untere Achse (286) zweier Gelenkstäbe (284) aufweist, wobei die Gelenkstäbe (284), selbst über ihre untere Achse (286) angetrieben, mittels ihrer oberen Achse (285) zwei beiderseitig von dem bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebel (276) angeordnete, jeweils auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (282) gelagerte, die Ventile (275) betätigende Schwinghebel (283) über eine etwa mittig in den Schwinghebeln (283) angeordnete Lagerung antreiben, wobei der Abstand von der Drehachse der oberen Achse (285) zu der Drehachse der unteren Achse (286) der Gelenkstäbe (284), der Abstand von der Drehachse der Steuerwelle (280) zu der Drehachse des Gelenkpunktes (279) auf dem Stellhebel (281) und der Abstand, der sich aus der Summe der Radiuslänge des Nockengrundkreises und der Radiuslänge der Nockenrolle (277) ergibt, eine einander gleich große Länge (L) aufweisen und, wenn sich die Nockenrolle (277) auf

dem Nockengrundkreis befindet, alle drei Systemlinien (L) in den Verstellpositionen von der maximalen Ventilhublänge bis zu einem kontinuierlichen Schließen der Ventile (275) parallel zueinander verlaufen, so dass durch die hierbei vorhandene parallel geführte Kreisbewegung des bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebels (276) während einer Verstellbewegung ein Stillstand des Schwinghebels (263) bewirkt wird, somit das Ventilspiel konstant bleibt und durch den sich gleichzeitig verändernden Drehwinkel des Eingriffs der Nockenrolle (277) in die Nockenbahn eine stufenlose Phasenverschiebung der Ventilbetätigung erzielt wird.

104. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Längenverhältnis der Abstände der Drehachse des Nockens (278), der Drehachse der Steuerwelle (280) und der Drehachse der in dem von dem Nocken (278) angetriebenen, bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebel (276) gelagerten, für den Antrieb der Gelenkstäbe 284 eingesetzten Achse (286), wenn die maximale Ventilhublänge eingestellt ist, die von dem Drehgelenk der unteren Achse (286) zu dem Drehgelenk des Gelenkpunktes (279) verlaufende Systemlinie des hier als Stab wirkenden, bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebels (276) und die von dem Drehgelenk der unteren Achse (286) zu dem Drehgelenk der oberen Achse (285) verlaufende Systemlinie der Gelenkstäbe (284) in dem größten Winkel ( $\alpha$ ) zueinander verlaufen, während der Verstellbewegung für die Einstellung kleinerer Ventilhublängen sich der Winkel ( $\alpha$ ) solange verkleinert, bis sich beide Linien des bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebels (276) und der Gelenkstäbe (284) überdecken, hierdurch die Ventile (275) nicht mehr betätigt werden können, der bogenförmige oder t-förmige Schwinghebel (276) mit seiner Nockenrolle (277) aus dem Eingriffskreis des Nockens (278) durch den Nocken (278) und die Schwerkraft bewegt wird und hierbei sich auf einem Widerlager (289) ablegt.

105. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103, dadurch gekennzeichnet, dass der den bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebel (276) mittels einer Gabel umfassende Stellhebel (281) an seinen Gabelholmen je eine Stellnase (290) aufweist, wobei die Stellnasen (290) in die obere, in den Schwinghebeln (283) gelagerte Achse (285) der Gelenkstäbe (284) eingreifen, wodurch eine kontinuierliche Öffnung der Ventile (275) hergestellt wird.

106. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103 und 105, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Verändern der Position der Stellnasen (290) zu der Welle (285) die Hublänge der kontinuierlichen Öffnung der Ventile (275) stufenlos verändert wird.

107. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103, dadurch gekennzeichnet, dass für die Betätigung von einem oder drei Ventilen (275) zwei bogenförmige oder t-förmige Schwinghebel (276) angeordnet sind, wobei bei einer Betätigung von einem Ventil (275) zwischen den bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebeln (276) ein Schwinghebel (283) und bei einer Betätigung von drei Ventilen an den Außenseiten der bogenförmigen oder t-förmigen Schwinghebel (276) je ein weiterer Schwinghebel (283) angeordnet ist.

108. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103, dadurch gekennzeichnet, dass die Gelenkhebel (284) einteilig und gegabelt ausgeführt sind und auch mit einer in den bogenförmigen Schwinghebeln (276) oder mit einer in den Schwinghebeln (283) drehbar gelagerten Achse integriert sein können.

109. Hubventilsteuerung nach Anspruch 103, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist, wobei ein Schwinghebel (283) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

110. Hubventilsteuerung nach Anspruch 39, 46, 52, 62, 73, 79, 94 und 103, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellhebel (127, 160, 189, 202, 230, 239, 272 und 281) mehrerer nebeneinander angeordneter, gemeinsam ein oder mehrere Ventile eines Zylinders antreibender Hubventilsteuerungen durch Schaltwellen, durch Pleuel, die von Kurbel- oder Exzenterwellen angetrieben werden oder durch entsprechende Kurbelschleifen derart gesteuert werden, dass durch eine wechselseitig erfolgende Aktivierung und Deaktivierung der Hubventilsteuerungen ein oder mehrere Ventile eingeschaltet, abgeschaltet und durch unterschiedliche Nocken betätigt werden.

111. Hubventilsteuerungen nach Anspruch 110, dadurch gekennzeichnet, dass die Stellhebel (189, 230, 239, 272 und 281) als Exzenter ausgebildet sind, wobei die Exzenter von Schubstangen angetrieben werden können.

112. Hubventilsteuerung für eine stufenlos einstellbare Ventilhublänge, für eine stufenlos einstellbare Ventilöffnungsdauer, für ein kontinuierliches Schließen und für eine kontinuierliche Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass eine durch eine Kurbel- oder Exzenterwelle (306) über ein Pleuel (300) angetriebene, in dem Auge des Pleuels (300) gelagerte Achse (298) zum einen eine Rolle (299) aufweist, die in allen Verstellpositionen der Hubventilsteuerung in die kreisförmig nach innen gewölbte Kontaktfläche (297) des auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (292) gelagerten, Ventile (291) betätigenden Schwinghebels (293) eingreift und zum anderen zwei weitere Rollen (301) aufweist, die jeweils gleichzeitig in die Grundkontaktflächen (302) und in die sich hier in verschiedenen Richtungen anschließenden Kontaktflächen (303 und 304) einer Steuerwelle (305) eingreifen, wobei die zwei Rollen (301) während eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (291) auf die um die Drehachse der Steuerwelle (305) kreisförmig verlaufenden Grundkontaktflächen (302) der Steuerwelle (305) gestellt sind, von hier für die Ventilbetätigung durch eine entsprechende Drehung der Steuerwelle (305) auf eine der geforderten Ventilhublänge und Ventilöffnungsdauer geeignete Position der nach innen gewölbten, den Durchmesser der Steuerwelle (305) erheblich überragenden Kontaktflächen (303) der Steuerwelle (305) gestellt werden und für die Einstellung einer kontinuierlichen Ventilöffnung von der Grundkontaktfläche (302) durch eine entsprechende Drehung der Steuerwelle (305) auf die kreisförmig um die Drehachse der Steuerwelle (305) verlaufenden Kontaktflächen (304) gestellt werden, die eine größere Radiuslänge als die Grundkontaktflächen (302) aufweisen.

113. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Betätigung der Ventile (291) vorgesehenen Kontaktflächen (303) der Steuerwelle (305) eine s-förmige Kontaktfläche aufweisen, um fülligere Ventilerhebungskurven zu erzielen.

114. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundkontaktfläche (302) einen Radius (R) aufweist, der sich aus der Summe der Radien (R1) des um die Drehachse Steuerwelle (305) verlaufenden Grundkreises (302), (R2) aus dem Radius

der mittleren Rolle (299) und (R3) aus dem Radius der äußeren Rollen (301) ergibt, um bei der Einstellung eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (291) eine spielfreie Führung der Rollen (299) und (301) zu gewährleisten.

115. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass der auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (292) gelagerte Schwinghebel (293) zwei Ventile (291) gleichzeitig über einen gelenkig mit ihm verbundenen Waagebalken (294) betätigt, wobei die Drehachse des Drehgelenkes (295) für den Waagebalken (294) etwa senkrecht zu der Längsachse der Ventile (291) verläuft und der Waagebalken (294) als Kontaktfläche für die Ventilbetätigung abgeflachte Kugelgelenke (296) aufweist, um ungleich hohe Kontaktflächen der Ventile (291) auszugleichen.

116. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass, um ein Ventil (291) zu betätigen, der auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (292) gelagerte Schwinghebel (293), von einer Rolle (299) der Achse (298) angetrieben, über eine eigene Kontaktfläche ein Ventil (291) antreibt und um drei Ventile (291) zu betätigen, an beiden Außenseiten der in die Grundkontaktflächen (302) und Kontaktflächen (303 und 304) der Steuerwelle (305) eingreifenden Rollen (301) je eine weitere Rolle (299) angeordnet ist, die in je eine Kontaktfläche (297) von weiteren, beiderseitig von dem Schwinghebel (293) angeordneten, auf einem eigenen Ventilspiel-Ausgleichselement (292) gelagerten Schwinghebeln (293) eingreifen.

117. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Rolle (299) auf der Achse (298) räumlich gelenkig ausgeführt ist und längs geführt in die Kontaktfläche (297) eines gabelförmigen, auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (292) gelagerten Schwinghebels (253, Fig. 18) eingreift, wodurch gleichzeitig zwei Ventile (291) mit unterschiedlich hohen Kontaktflächen betätigt werden können.

118. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass, um zwei Ventile (291) zu betätigenden, die Achse (298) eine mittlere Rolle (301) aufweist, die in die Grundkontaktfläche (302) und in die sich hieran in beiden Richtungen anschließenden Kontaktflächen (303 und 304) einer Steuerwelle (305) eingreift, wobei zwei beiderseitig von der Rolle (301) auf der Achse (298) angeordnete Rollen (301) zwei Schwinghebel (293) über ihre Kontaktflächen (297) antreiben und die Schwinghebel (293) auf einem eigenen Ventilspiel-Ausgleichselement (292) angeordnet sind.

119. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die Pleuel (300) aus zwei Flachstäben gefertigt sind, die für ihre vereinfachte Montage in ihrer Längsrichtung, mittig durch ihre Lagerungsbohrungen etwa mittels einer Bruchtrennung geteilt sind und nach dem Einbau quer zu ihrer Längsrichtung etwa mittels einer Schraubverbindung oder mittels Klammern zusammengesetzt sind.

120. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112 und 119, dadurch gekennzeichnet, dass die Flachstäbe der Pleuel (300) aus Lagerwerkstoff hergestellt sind, um geteilte Lagerschalen zu vermeiden.

121. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die Grundkontaktfläche (302) und die Kontaktflächen (303 und 304) in einem Ring eingearbeitet sind, der auf der Steuerwelle (305) mittels einer Press- oder Schraubverbindung befestigt ist.

122. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die Pleuel (300) einteilig ausge-

führt sind, wobei die Achse (298) in einer Gabel des Pleuels (300) eingesetzt ist und das Pleuel (300) einen geteilten Pleuellfuß mit Pleuellagerschalen für die Lagerung auf dem Kurbelzapfen aufweist.

123. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist, wobei ein Schwinghebel (293) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

124. Hubventilsteuerung für eine stufenlos einstellbare Ventilhublänge, für eine stufenlos einstellbare Ventilöffnungsdauer und für ein kontinuierliches Schließen der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass eine durch eine Kurbell- oder Exzenterwelle (314) über ein Pleuel (315) angetriebene, in dem Auge des Pleuels (315) befestigte Achse (312) zum einen zwei Rollen (313) aufweist, die in allen Verstellpositionen der Hubventilsteuerung in die geradlinigen Kontaktflächen (311) von zwei auf einem Ventilspiel-Ausgleichselement (309) gelagerten, je ein Ventil (308) betätigenden Schwinghebeln (310) eingreift und zum anderen zwischen den Gabelholmen des Pleuels (315) eine weitere Rolle (316) aufweist, die in die Grundkontaktfläche (317) und in die sich hier anschließende Kontaktfläche (318) eines Gleitsteines (319) eingreift, wobei die Rolle (316) durch eine Längsbewegung des Gleitsteines (319) für die Einstellung der Hubventilsteuerung auf ein kontinuierliches Schließen der Ventile (308) auf die geradlinige Grundkontaktfläche (317) des Gleitsteines (319) gestellt und für die Herstellung einer Ventilbetätigung auf eine entsprechend der geforderten Ventilhublänge und Ventilöffnungsdauer geeignete Position der nach innen gewölbten Kontaktfläche (318) des Gleitsteines (319) gestellt wird.

125. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass die geradlinigen Kontaktflächen (311) der Schwinghebel (310), wenn die Ventile (308) geschlossen sind, parallel zu der Grundkontaktfläche (317) des Gleitsteines (319) in einem Abstand zueinander verlaufen, welcher der Summe der Radiuslängen der Rollen (313) und (316) entspricht, so dass die Achse (312) hierbei geradlinig geführt ist.

126. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass die für die Betätigung der Ventile (308) vorgesehenen Kontaktfläche (318) des Gleitsteines (319) eine s-förmige Kontaktfläche aufweist, um fülligere Ventilerhebungskurven zu erzielen.

127. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass der Gleitstein (319) in einem Halter (320) parallel zu seiner Grundkontaktfläche (317) längs beweglich und unverdrehbar gelagert ist und für seinen Antrieb eine Längsverzahnung aufweist, in die eine parallel zu der Kurbell- oder Exzenterwelle (314) verlaufende Steuerwelle (321) mittels einer Verzahnung eingreift.

128. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Verstellen des Gleitsteines (319) der Antrieb des Gleitsteines (319) mittels eines Pleuels über eine Kurbell- oder Exzenterwelle erfolgt.

129. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Verstellen des Gleitsteines (319) der Antrieb des Gleitsteines (319) mittels einer Kurbelschleife erfolgt.

130. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Verstellen des Gleitsteines (319) der Antrieb des Gleitsteines (319) mittels einer Schaltwelle bei einer Anordnung von Rückstellfedern

oder Rückstellnocken erfolgt, wodurch einzelne Ventile oder Ventilgruppen (308) über wechselseitig einschaltbare Hubventilsteuerungen mit unterschiedlichen Steuerprogrammen betätigt werden können.

131. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass der den Gleitstein (319) aufweisende Halter (320) zum einen durch die Steuerwelle (321) und zum anderen durch eine parallel zu der Steuerwelle (321) verlaufende Haltestange (322) mittels ihrer in dem Halter (320) angeordneten Lagerungen befestigt ist, wobei diese Lagerungen für eine einfache Montage mittels eines Abschlussdeckels (323) in geteilter Ausführung hergestellt sind.

132. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenringe der auf der Achse (312) angeordneten Rollen (313 und 316) in der Achse (312) integriert sind.

133. Hubventilsteuerung nach Anspruch 124, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist, wobei ein Schwinghebel (310) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

134. Hubventilsteuerung für eine stufenlos einstellbare Ventilhublänge, für eine stufenlos einstellbare Ventilöffnungsdauer, für ein kontinuierliches Schließen und eine kontinuierliche Öffnung der Ventile während des Betriebes der Kraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung einen Stößel (325) mit einem Kontakteller (326) aufweist, der eine nach innen gewölbte Kontaktfläche (327) besitzt, in die in allen Verstellpositionen eine Rolle (330) eingreift, die auf einer Achse (329) zwischen den Flachstäben eines Pleuels (328) angeordnet ist, wobei an den beiden Außenseiten der Flachstäbe des Pleuels (328) je eine weitere Rolle (331) angeordnet ist, die während eines kontinuierlichen Schließens der Ventile (324) in eine nach außen gewölbte, kreisförmig um die Drehachse einer Steuerwelle (335) verlaufende Grundkontaktfläche (332), für die Betätigung der Ventile (324) in die nach innen gewölbte, aus der Steuerwelle (335) herausragende Kontaktfläche (333) und während einer kontinuierlichen Öffnung der Ventile (324) in die nach außen gewölbte Kontaktfläche (334) eingreift, wobei die Kontaktfläche (334) eine größere Radiuslänge als die Grundkontaktfläche (333) aufweist.

135. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass bei geschlossenen Ventilen (324) die Kontaktfläche (327) des Kontaktellers (326) konzentrisch zu der Drehachse der Steuerwelle (335) in einem Radius R verläuft, dessen Länge sich aus der Summe der Radien R1 der Grundkontaktfläche (332), R2 der inneren Rolle (330) und R3 der beiden äußeren Rollen (331) ergibt, so dass die Rollen (330 und 331) während des kontinuierlichen Schließens der Ventile (324) die Kreisbewegung spielfrei ausführen.

136. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass der Stößel (325) als Ventilspiel-Ausgleichselement ausgebildet ist.

137. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass der Stößel (325) als Pumpenkolben einer Einspritzpumpe ausgeführt ist, wobei hier die Regelung der Fördermenge energiesparend durch eine stufenlose Veränderung der Pumpenhublänge und durch eine gleichzeitig erfolgende, stufenlos veränderbare Betätigungsdauer auch in einem kurzen Drehwinkel erfolgen kann.

138. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass der Stößel (325) von einem längs

geführten Gleitstein über eine Rolle angetrieben wird, wobei die Kontaktfläche (327) des Kontaktteilers (326) plan ausgeführt und rechtwinklig zur Längsachse der Stößels (325) angeordnet ist.

139. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass über die Achse (329) mehrere Stößel (325) angetrieben werden, wobei für den Antrieb jedes Stößels (325) eine Rolle (330) und in jedem Zwischenraum der Stößel (325) eine in die Grundkontaktfläche (332) und in die Kontaktflächen (333 und 334) der Steuerwelle (335) eingreifende Rolle (331) und Flachstäbe oder Gabelholme des Pleuels (328) angeordnet sind, um die hier auftretenden Biegemomente der Achse (329) gering zu halten.

140. Hubventilsteuerung nach Anspruch 134, dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerung etwa in einem Kurbelgehäuse über Kopf angeordnet ist, wobei ein Stößel (325) über eine Stößelstange einen im Zylinderkopf angeordneten Kipphebel antreibt.

141. Hubventilsteuerung nach Anspruch 112, 124 und 134, dadurch gekennzeichnet, dass für die Herstellung einer desmodromischen Hubventilsteuerung die durch die Pleuel angetriebenen Achsen in Kurbelschleifen sowohl der die Ventile betätigenden Schwinghebel oder Stößel als auch der Steuerwellen oder Gleitsteine der Verstelleinrichtungen geführt sind, wobei die Kurbelschleifen entsprechend der geforderten Ventilbetätigung geformt sind.

142. Hubventilsteuerung nach Anspruch 141, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwinghebel oder Stößel mit einem Ventilspiel-Ausgleichselement ausgerüstet sind, das eine Kraft in der Schließrichtung der Ventile ausübt und in der Öffnungsrichtung kraftschlüssig geschaltet ist.

143. Hubventilsteuerung nach Anspruch 52, 62, 73, 79, 84, 94, 103, 112, 124 und 134, dadurch gekennzeichnet, dass an Stelle der in die Nockenbahnen und Kontaktflächen eingreifenden Rollen auf den Schwingkipp- oder Winkelhebel Gleitflächen oder Gleitsteine angeordnet sind.

144. Hubventilsteuerungen nach Anspruch 62, 73, 79, 84, 94, 103, 112, 124 und 134 dadurch gekennzeichnet, dass die Hubventilsteuerungen Einspritzpumpen betätigen, wobei die Regelung der Einspritzmenge durch eine stufenlose Längenveränderung des Pumpenhubes erfolgt und eine Phasenverschiebung des Einspritzdrehwinkels stufenlos vorgenommen werden kann.

145. Hubventilsteuerung nach Anspruch 73, 79, 84, 103, 112 und 124, dadurch gekennzeichnet, dass die Schwinghebel der Hubventilsteuerungen auf Gelenkpunkte aufweisenden Haltern ohne den Einsatz eines Ventilspiel-Ausgleichselementes gelagert sind, wobei die Halter mit der Struktur der Zylinderköpfe oder der Kurbelgehäuse verbunden sind.

146. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine über einen Stellmotor erfolgende Drehung einer Steuer- oder Schaltwelle der Hubventilsteuerungen eine Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine mittels der Verstelleinrichtungen der Hubventilsteuerung der Kraftmaschine zum einen durch die Abschaltung einzelner Ventile der Kraftmaschine und zum anderen mittels einer Verminderung der Ventilhublänge erzielt wird, wobei durch eine variable Veränderung der Ventilhublänge die Bremsleistung reguliert wird.

147. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine über einen Stellmotor erfolgende Drehung einer Steuer- oder Schaltwelle der Hubventil-

steuerungen der Auslassventile eine Erhöhung der Bremsleistung der Kraftmaschine mittels der hierbei erzeugten Längenveränderung der wirksamen Hebel in der Hubventilsteuerung der Kraftmaschine hergestellt wird, wobei mittels der Hubventilsteuerung bei einem einzelnen Auslassventil oder bei einer Gruppe von zwei oder mehreren Auslassventilen eines Zylinders eine kontinuierliche Öffnung eingestellt wird, wodurch ein permanenter Bypass von den Arbeitsräumen der Zylinder zu dem Abgassystem hergestellt und durch eine stufenlose Veränderung der Ventilhublänge die Bremsleistung der Kraftmaschine geregelt wird.

148. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine über einen Stellmotor erfolgende Drehung der Steuer- oder Schaltwelle zweier Hubventilsteuerungen ein Auslassventil oder eine Gruppe von Auslassventilen eines Zylinders wechselseitig durch zwei unterschiedliche Nocken betätigt werden, wobei die Betätigung der Auslassventile der Kraftmaschine zum einen für den verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine nach dem Viertaktverfahren in üblicher Weise durch einen Nocken mit einer Erhebung und für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung der Kraftmaschine durch einen Nocken mit zwei Erhebungen bei einem Einsatz einer vor dem Abgassystem oder vor einem Druckluftbehälter angeordneten Drosselklappe erfolgt, hierbei die Auslassventile sowohl während des Verdichtungsaktes als auch während des Ausschubtaktes geöffnet sind und mittels einer stufenlosen Veränderung der Ventilhublängen der Einlass- und Auslassventile die Bremsleistung geregelt wird.

149. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine über einen Stellmotor erfolgende Drehung der Steuer- oder Schaltwelle die Hubventilsteuerungen der Einlass- und Auslassventile wechselseitig aktiviert werden, wobei die Betätigung der Einlass- und Auslassventile der Kraftmaschine zum einen für den verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine nach dem Viertaktverfahren in üblicher Weise durch einen Nocken mit einer Erhebung und für die Erzielung einer erhöhten Bremsleistung der Kraftmaschine durch einen Nocken mit zwei Erhebungen erfolgt, hierdurch für die Erzeugung einer erhöhten Bremsleistung Druckluft nach dem Zweitaktverfahren erzeugt, die Druckluft über eine Drosselklappe in das Abgassystem oder in einen Druckluftbehälter geleitet und die Bremsleistung mittels einer stufenlosen Veränderung der Ventilhublängen der Einlass- und Auslassventile reguliert wird.

150. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass für eine wechselseitig einschaltbare Arbeitsweise der Kraftmaschine wechselseitig aktivierbare Hubventilsteuerungen angeordnet sind, durch welche die Betätigung der Einlassventile und die Betätigung der Auslassventile eines Zylinders einer Kraftmaschine jeweils über drei durch unterschiedliche Nocken angetriebene Hubventilsteuerungen erfolgt, wobei für einen nach dem Viertaktverfahren erfolgenden verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine eine Hubventilsteuerung eines Zylinders die Einlassventile und eine weitere Hubventilsteuerung eines Zylinders die Auslassventile mittels eines Nockens in üblicher Weise mit einer Erhebung betätigen, für eine nach dem Zweitaktverfahren erfolgende Drucklufterzeugung sowie für einen nach dem Zweitaktverfahren erfolgenden druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine zwei weitere Hubventilsteuerungen eines Zylinders die Einlassventile und zwei weitere Hubventilsteuerungen die

Auslassventile wechselseitig zum einen für die Druckluft erzeugung und zum anderen für den druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine mittels eines eigenen, einander unterschiedlichen Nockens mit zwei Erhebungen betätigen.

151. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinder der Kraftmaschine in zwei Gruppen eingeteilt sind, die ein eigenes, unabhängig voneinander schaltbares Rohrleitungssystem aufweisen, wodurch die Zylindergruppen mittels der Schaltung der Umsteuerventile von den Rohrleitungssystemen in einander unterschiedlichen Arbeitsweisen betrieben werden können, so dass eine Zylindergruppe der Kraftmaschine im verbrennungsmotorischen Betrieb die andere Zylindergruppe der Kraftmaschine für eine Druckluftherzeugung antreiben kann oder auch ein verbrennungsmotorischer Betrieb der einen und ein druckluftmotorischer Betrieb der anderen Zylindergruppe der Kraftmaschine durchgeführt werden können.

152. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, dadurch gekennzeichnet, dass durch die wechselseitig aktivierbaren Hubventilsteuerungen ein druckluftmotorischer Betrieb der Kraftmaschine mittels Druckluft aus einem Druckluftbehälter und zusätzlich mittels einer durch eine Speisepumpe erfolgenden Einspritzung von flüssiger Luft aus einem isolierten Behälter in den Druckluftbehälter erfolgt, wobei eine Zylindergruppe der Kraftmaschine verbrennungs- und die andere Zylindergruppe der Kraftmaschine druckluftmotorisch arbeitet, die flüssige Luft in dem Druckluftbehälter durch eine während des verbrennungsmotorischen Betriebes der einen Zylindergruppe der Kraftmaschine in dem Druckluftbehälter erfolgende Wärmeabgabe vergast, wobei die Wärmeabgabe über in dem Druckluftbehälter angeordnete Wärmeableitungsrippen des Abgassystems und über Wärmetauscher des Kühl- und Schmier Systems erfolgt und auch eine Wärmeabgabe durch eine Ladeluftkühlungseinrichtung erfolgen kann.

153. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 152, dadurch gekennzeichnet, dass eine zusätzliche Erwärmung der flüssigen Luft in dem Druckluftbehälter auch durch die Umgebungswärme erfolgt, wobei der Druckluftbehälter für eine Verstärkung dieser Erwärmung außen Wärmeaufnahme Rippen aufweist und eine etwaige Wärmeisolierung des Druckluftbehälters hierfür automatisch derart aufklappbar ist, dass die äußeren Wärmeaufnahme Rippen von dem Fahrtwind umströmt werden können.

154. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151 dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Rohrleitungssysteme in einem gemeinsamen Ansaug- und Abgassystem zusammengeführt sind und die Druckluft in einen oder mehreren gemeinsamen Druckluftbehältern eingespeist wird.

155. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem der Gaswechsel aus einem Ansaugsystem (337) über die Einlassventile (340 und 344) in die Zylinder (341 und 345) und über die Auslassventile (346 und 352) aus den Zylindern (341 und 345) in ein Abgassystem (351) erfolgt, für eine Druckluftherzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (337) über die Einlassventile (340 und 344) in die Zylinder (341 und

345) und die hierbei erzeugte Druckluft über die Auslassventile (346 und 352) aus den Zylindern (341 und 345) über ein Drossel- und Rückschlagventil (356) in einen Druckluftbehälter (350) strömt sowie für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Rückschlagventil (356) aus dem Druckluftbehälter (350) über die Einlassventile (340 und 344) in die Zylinder (341 und 345) und die hierbei entspannte Druckluft über die Auslassventile (346 und 352) aus den Zylindern (341 und 345) über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft, in das Abgassystem (351) oder in das Ansaugsystem (337) strömt.

156. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem der Gaswechsel aus einem Ansaugsystem (368) über die Einlassventile (371 und 375) in die Zylinder (372 und 376) und über die Auslassventile (377 und 384) aus den Zylindern (372 und 376) in ein Abgassystem (383) erfolgt, für eine Druckluftherzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (368) über die Einlassventile (371 und 375) in die Zylinder (372 und 376) und die hierbei erzeugte Druckluft über die Auslassventile (377 und 384) aus den Zylindern (372 und 376) über ein Drossel- und Rückschlagventil (389) in einen Druckluftbehälter (382) strömt sowie für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Rückschlagventil (389) aus dem Druckluftbehälter (382) über die Auslassventile (377 und 384) in die Zylinder (372 und 376) und die hierbei entspannte Druckluft über die Einlassventile (371 und 375) aus den Zylindern (372 und 376) über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft, in das Abgassystem (383) oder in das Ansaugsystem (368) strömt.

157. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass, durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem der Gaswechsel aus einem Ansaugsystem (399) über die Einlassventile (402 und 406) in die Zylinder (403 und 407) und über die Auslassventile (408 und 414) aus den Zylindern (403 und 407) in ein Abgassystem (413) erfolgt, für eine Druckluftherzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (399) über die Auslassventile (408 und 414) in die Zylinder (403 und 407) und die hierbei erzeugte Druckluft über die Einlassventile (402 und 406) aus den Zylindern (403 und 407) über ein Drossel- und Rückschlagventil (420) in einen Druckluftbehälter (412) strömt sowie für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Rückschlagventil (420) aus dem Druckluftbehälter (412) über die Einlassventile (402 und 406) in die Zylinder (403 und 407) und die hierbei entspannte Druckluft über die Auslassventile (408 und 414) aus den Zylindern (403 und 407) über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft, in das Abgassystem (413) oder in das Ansaugsystem (399) strömt.

158. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass, durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch

eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem der Gaswechsel aus einem Ansaugsystem (430) über die Einlassventile (433 und 437) in die Zylinder (434 und 438) und über die Auslassventile (439 und 445) aus den Zylindern (434 und 438) in ein Abgassystem (444) erfolgt, für eine Drucklufterzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (430) über die Auslassventile (439 und 445) in die Zylinder (434 und 438) und die hierbei erzeugte Druckluft über die Einlassventile (433 und 437) aus den Zylindern (434 und 438) über ein Drossel- und Rückschlagventil (451) in einen Druckluftbehälter (443) strömt sowie für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Rückschlagventil (451) aus dem Druckluftbehälter (443) über die Auslassventile (439 und 445) in die Zylinder (434 und 438) und die hierbei entspannte Druckluft über die Einlassventile (433 und 437) aus den Zylindern (434 und 438) in das Ansaugsystem (430) strömt oder mittels eines Umsteuerventiles über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft oder in das Abgassystem (444) geleitet wird.

159. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass von den Zylindern einer Kraftmaschine für eine zweistufige Drucklufterzeugung der Kraftmaschine eine größere Anzahl als erste Kompressionsstufe, eine kleinere Anzahl als zweite Kompressionsstufe und für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die kleinere Anzahl als erste Expansionsstufe, die größere Anzahl als zweite Expansionsstufe arbeitet, wobei die in der Zylinderanzahl unterschiedlichen Zylindergruppen eigene Ansaugkrümmer und Auspuffkrümmer aufweisen, die für einen verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine über Umschaltventile eines Rohrleitungssystems miteinander verbunden und für eine Drucklufterzeugung sowie für einen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine voneinander getrennt werden.

160. Hubventilsteuerung nach Anspruch 151 und 159, dadurch gekennzeichnet, dass für eine dreistufige Drucklufterzeugung und einen dreistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine ein oder mehrere zusätzliche Zylinder vorgesehen werden, deren Gesamtvolumen kleiner als das der kleineren Zylindergruppe der Kraftmaschine ist, wobei die zusätzlichen Zylinder als dritte Kompressionsstufe bei der Drucklufterzeugung der Kraftmaschine, als erste Expansionsstufe bei dem druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, die kleinere Zylindergruppe der Kraftmaschine als zweite und die größere Zylindergruppe der Kraftmaschine als dritte Expansionsstufe dienen.

161. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 151 und 160, dadurch gekennzeichnet, dass an der Kraftmaschine weitere Zylinder oder Zylindergruppen mit einem unterschiedlichen Volumen angeordnet sind, um eine weitergehende, mehrstufige Drucklufterzeugung mittels der Kraftmaschine durchführen zu können, wobei die Ansaugluft nacheinander durch Zylinder oder Zylindergruppen hindurchgeleitet wird, die ein kleineres Volumen als der vorherige Zylinder oder die vorherige Zylindergruppe aufweisen.

162. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 160 und 161, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolben der zusätzlichen Zylinder durch die Kurbelwelle der Kraftmaschine oder etwa über ein Riemengetriebe angetrieben werden, die zusätzlichen Zylinder zum einen,

wenn ein Druckluftbetrieb nicht stattfindet, verbrennungsmotorisch, als Kompressor für das Ansaug- und Bremssystem arbeiten oder mittels einer Schalkuppelung stillgelegt werden können.

163. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 151, 159–161, dadurch gekennzeichnet, dass in den Rohrleitungssystemen zwischen den Kompressions- und Expansionsstufen Regeneratoren angeordnet sind, durch welche die komprimierte Luft hinter den Kompressionsstufen abgekühlt und die expandierte Luft hinter den Expansionsstufen erhitzt wird.

164. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem die Ansaugluft aus einem Ansaugsystem (465) über ein die Ansaugluft in zwei Ansaugkrümmer (468 und 469) leitendes Umsteuerventil (467) zum einen in den Ansaugkrümmer (468) über die Einlassventile in den Zylinder (461) und zum anderen in den Ansaugkrümmer (469) über die Einlassventile in die Zylinder (462, 463 und 464) strömt sowie zum einen über die Auslassventile aus dem Zylinder (461) in einen Auspuffkrümmer (470) und zum anderen über die Auslassventile aus den Zylindern (462, 463 und 464) in einen Auspuffkrümmer (471) strömt, wonach das Altgas aus den beiden Ansaugkrümmern (470 und 471) durch ein Umsteuerventil (472) zusammengeführt und in ein Abgassystem (474) eingeleitet wird, für eine zweistufige Drucklufterzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (465) über das Umsteuerventil (467) in den Ansaugkrümmer (469), über die Einlassventile in die größere Gruppe der Zylinder (462, 463 und 464) der ersten Kompressionsstufe strömt, von wo die hier erzeugte Druckluft zu ihrer weiteren Verdichtung über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (471), über das Umsteuerventil (472), durch einen Regenerator (477) über das hierbei zu dem Ansaugsystem (465) und zu dem Ansaugkrümmer (469) der Zylinder (462, 463 und 464) der ersten Kompressionsstufe verschlossene Umsteuerventil (467) in den Ansaugkrümmer (468) und über die Einlassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (461) der zweiten Kompressionsstufe strömt, von wo die nun zweifach verdichtete Druckluft über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (470), über das hierbei zu dem Auspuffkrümmer (471) der Zylinder (462, 463 und 464) der ersten Kompressionsstufe und zu dem Abgassystem (474) verschlossene Umsteuerventil (472) über ein Drossel- und Absperrventil (480) in einen Druckluftbehälter (475) strömt.

165. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 151 und 164, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb und einer zweistufigen Drucklufterzeugung der Kraftmaschine für einen zweistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Absperrventil (480) aus dem Druckluftbehälter (475), über das Umsteuerventil (472), über eine Rohrleitung (481), über das Umsteuerventil (467) in den Ansaugkrümmer (468), über die Einlassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (461) der ersten Expansionsstufe strömt, von wo die hier in ihrem Druck abgeminderte Druckluft über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer

(470), über das Umsteuerventil (472), durch den Regenerator (477) über das Umsteuerventil (467) in den Ansaugkrümmer (469), über die Einlassventile in die größere Gruppe der Zylinder (462, 463 und 463) der zweiten Expansionsstufe strömt, von wo die weitgehend entspannte Druckluft über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (471), über das Umsteuerventil (472), über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft, in das Abgassystem (474) oder in das Ansaugsystem (465) strömt.

166. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem die Ansaugluft aus einem Ansaugsystem (487) über ein die Ansaugluft in zwei Ansaugkrümmer (490 und 491) leitendes Umsteuerventil (489) zum einen in den Ansaugkrümmer (490) über die Einlassventile in den Zylinder (483) und zum anderen in den Ansaugkrümmer (491) über die Einlassventile in die Zylinder (484, 485 und 486) strömt sowie zum einen über die Auslassventile aus dem Zylinder (483) in den Auspuffkrümmer (492) und zum anderen über die Auslassventile aus den Zylindern (484, 485 und 486) in den Auspuffkrümmer (493) strömt, wonach das Altgas aus den beiden Ansaugkrümmern (492 und 493) durch ein Umsteuerventil (494) zusammengeführt und in ein Abgassystem (496) eingeleitet wird, für eine zweistufige Drucklufterzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (487) über das Umsteuerventil (489) in den Ansaugkrümmer (491), über die Einlassventile in die größere Gruppe der Zylinder (484, 485 und 486) der ersten Kompressionsstufe strömt, von wo die hier erzeugte Druckluft zu ihrer weiteren Verdichtung über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (493), über das Umsteuerventil (494), durch einen Regenerator (499) über das hierbei zu dem Ansaugsystem (487) und zu dem Ansaugkrümmer (491) der Zylinder (484, 485 und 486) der ersten Kompressionsstufe abgesperrte Umsteuerventil (489) in den Ansaugkrümmer (490) und über die Einlassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (483) der zweiten Kompressionsstufe strömt, von wo die nun zweifach verdichtete Druckluft über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (492), über das hierbei zu dem Auspuffkrümmer (493) der Zylinder (484, 485 und 486) der ersten Kompressionsstufe und zu dem Abgassystem (496) abgesperrte Umsteuerventil (494) über ein Drossel- und Absperrventil (502) in einen Druckluftbehälter (497) strömt.

167. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 151 und 166, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb und einer zweistufigen Drucklufterzeugung der Kraftmaschine für einen zweistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über das Drossel- und Absperrventil (502) aus dem Druckluftbehälter (497), über das Umsteuerventil (494) in den Auspuffkrümmer (492), über die Auslassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (483) der ersten Expansionsstufe strömt, von wo die hier in ihrem Druck abgeminderte Druckluft über die Einlassventile, über den Ansaugkrümmer (490), über das Umsteuerventil (489), durch den Regenerator (499) über das Umsteuerventil (494), über den Aus-

puffkrümmer (493), über die Auslassventile in die größere Gruppe der Zylinder (484, 485 und 486) der zweiten Expansionsstufe strömt, von wo die weitgehend entspannte Druckluft über die Einlassventile, über den Ansaugkrümmer (491), über das Umsteuerventil (489) in das Ansaugsystem (487), über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die Außenluft oder in das Abgassystem (496) strömt.

168. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150 und 151, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb der Kraftmaschine, bei dem die Ansaugluft aus einem Ansaugsystem (507) über ein die Ansaugluft in zwei Ansaugkrümmer (510 und 511) leitendes Umsteuerventil (509) zum einen in den Ansaugkrümmer (510) über die Einlassventile in den Zylinder (503) und zum anderen in den Ansaugkrümmer (511) über die Einlassventile in die Zylinder (504, 505 und 506) strömt sowie zum einen über die Auslassventile aus dem Zylinder (503) in den Auspuffkrümmer (512) und zum anderen über die Auslassventile aus den Zylindern (504, 505 und 506) in den Auspuffkrümmer (513) strömt, wonach das Altgas aus den beiden Ansaugkrümmern (512 und 513) durch ein Umsteuerventil (514) zusammengeführt wird und in ein Abgassystem (516) eingeleitet wird, für eine dreistufige Drucklufterzeugung der Kraftmaschine die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem (507), über das Umsteuerventil (509) in einen Ansaugkrümmer (511), über die Einlassventile in die größere Gruppe der Zylinder (504, 505 und 506) der ersten Kompressionsstufe strömt, von wo die hier erzeugte Druckluft zu ihrer weiteren Verdichtung über die Auslassventile in den Auspuffkrümmer (513), in das Umsteuerventil (514), durch einen Regenerator (519) in das hierbei zu dem Ansaugsystem (507) und dem Ansaugkrümmer (511) der Zylinder (504, 505 und 506) zu der ersten Kompressionsstufe verschlossene Umsteuerventil (509) in den Ansaugkrümmer (510) und über die Einlassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (503) der zweiten Kompressionsstufe strömt, von wo die nun zweifach verdichtete Druckluft über die Auslassventile, über den Auspuffkrümmer (512), über das zu dem Auspuffkrümmer (513) der Zylinder (504, 505 und 506) der ersten Kompressionsstufe und zu dem Abgassystem (516) verschlossene Umsteuerventil (514), durch einen Regenerator (522) über die zusätzlichen, das kleinste Gesamtvolumen aufweisenden Zylinder (524) der dritten Kompressionsstufe über ein Drossel- und Absperrventil (526) in den Druckluftbehälter (517) strömt.

169. Hubventilsteuerung nach Anspruch 150, 151 und 168, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine wechselseitige Aktivierung der Hubventilsteuerungen und durch eine entsprechende Schaltung der Umsteuerventile der Rohrleitungssysteme neben einem verbrennungsmotorischen Betrieb und einer dreistufigen Drucklufterzeugung der Kraftmaschine für einen dreistufigen druckluftmotorischen Betrieb der Kraftmaschine die Druckluft über ein Drossel- und Absperrventil (526) aus dem Druckluftbehälter (517) über den das kleinste Gesamtvolumen aufweisenden Zylinder (524) der ersten Expansionsstufe, durch den Regenerator (522) über das Umsteuerventil (514), über den Auspuffkrümmer (512) über die Auslassventile in die kleinere Gruppe der Zylinder (503) der zweiten Expansionsstufe strömt, die hier in ihrem Druck abgeminderte

Druckluft über die Einlassventile in den Ansaugkrümmer (510), über das Umsteuerventil (509), durch den Regenerator (519) über das Umsteuerventil (514), über den Auspuffkrümmer (513) über die Auslassventile in die größere Gruppe der Zylinder (504, 505 und 506) 5 der dritten Expansionsstufe strömt, von wo die weitgehend entspannte Druckluft über die Einlassventile, über den Ansaugkrümmer (511) über das Umsteuerventil (509) in das Ansaugsystem (507), über einen Schalldämpfer oder ohne einen Schalldämpfer in die 10 Außenluft oder in das Abgassystem (516) strömt.

170. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine durch die Hubventilsteuerungen erfolgende, wechselseitige Umschaltung auf zwei entsprechend angeordnete Gruppen von Nocken die Ventile einer nach dem Viertaktverfahren arbeitenden Kraftmaschine derart betätigt werden können, dass die Kraftmaschine in beiden Drehrichtungen betrieben werden kann.

171. Hubventilsteuerung, dadurch gekennzeichnet, 20 dass die durch die Hubventilsteuerungen und die Umsteuerventile des Rohrleitungssystems durchzuführende Einschaltung der unterschiedlichen Betriebsarten der Kraftmaschinen von Fahrzeugen durch ein Steuergerät, das mit einem auch satellitengestützten Navigationsystem integriert ist, nach einer Aktivierung des Steuergerätes automatisch erfolgt, wodurch nach einer Eingabe des Fahrweges in das Navigationssystem eine automatische Umschaltung der Kraftmaschine auf einen druckluftmotorischen oder einen kombinierten 30 verbrennungs- und druckluftmotorischen Betrieb vor Bergabfahrten erfolgt, um für die während einer nachfolgenden Bergabfahrt durch die Bremsleistung der Kraftmaschine erzeugte Druckluft in den Druckluftbehältern des Fahrzeuges eine ausreichende Aufnahmekapazität bereitstellen zu können oder wodurch eine automatische Umschaltung der Kraftmaschine auf einen druckluftmotorischen Betrieb für eine Stadtdurchfahrt erfolgt, um hierdurch einen schadstofffreien Betrieb der Kraftmaschine zu ermöglichen, wobei der 40 verbrennungsmotorische Betrieb der Kraftmaschine wieder automatisch eingeschaltet wird, wenn das Stadtgebiet verlassen wird oder die Bergabfahrt beendet ist.

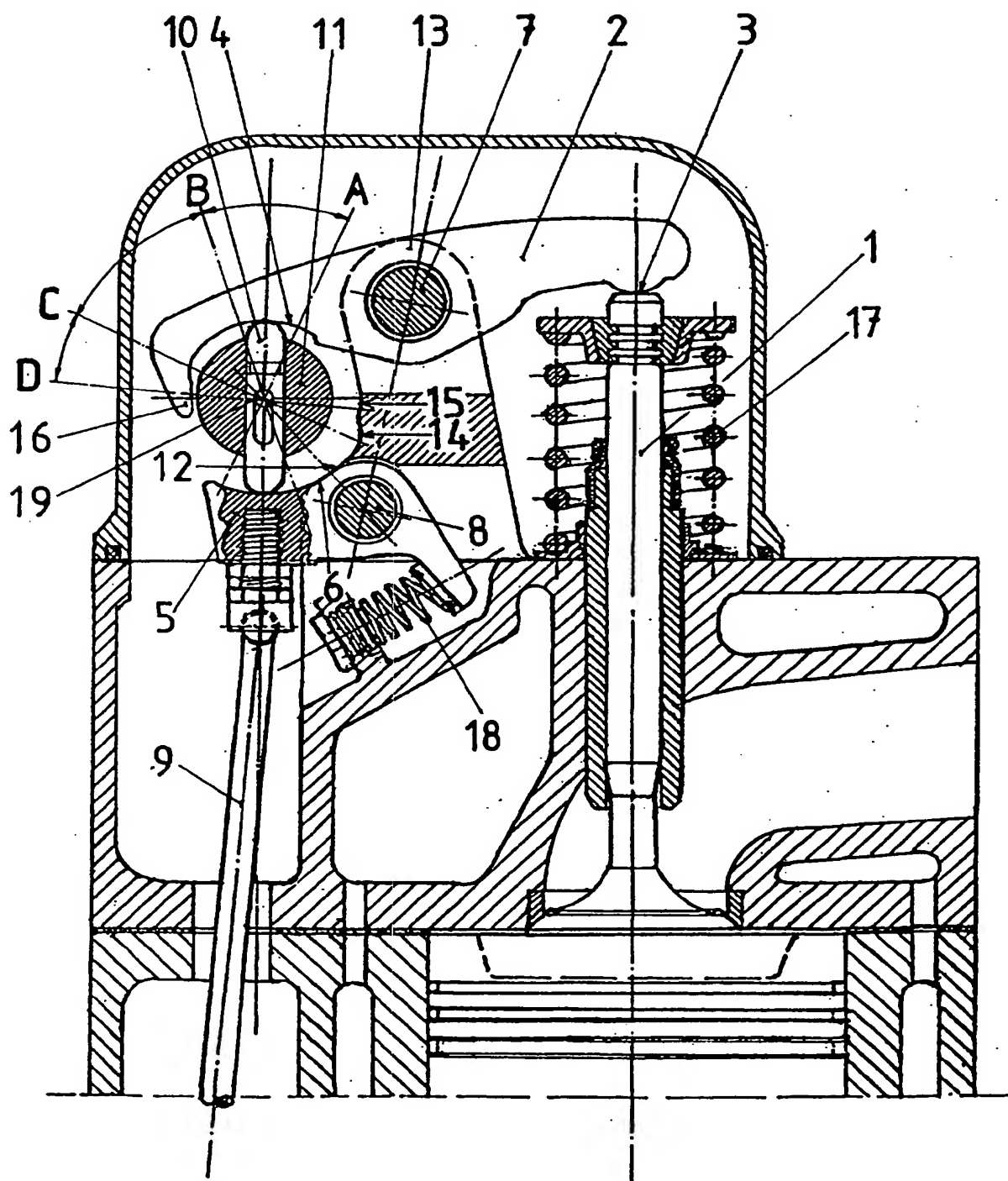
172. Hubventilsteuerung nach Anspruch 171, dadurch 45 gekennzeichnet, dass in dem Steuergerät ein Rechner angeordnet ist, der das Gewicht und den Rollwiderstand des Fahrzeuges durch die Daten der Kraftmaschine während der Beschleunigungs- und Bremsvorgänge des Fahrzeuges unter Einschaltung eines Steigungsmessgerätes ermittelt, die in dem Navigationssystem gespeicherten Daten mit den sich insbesondere während der Bergabfahrten ergebenden Daten vergleicht und aktualisiert, wobei der Rechner auch für die Eingabe aktualisierter Berechnungsverfahren oder anderer Daten von außen programmierbar ist. 55

Hierzu 29 Seite(n) Zeichnungen

60

65

FIG.1



**FIG.2**

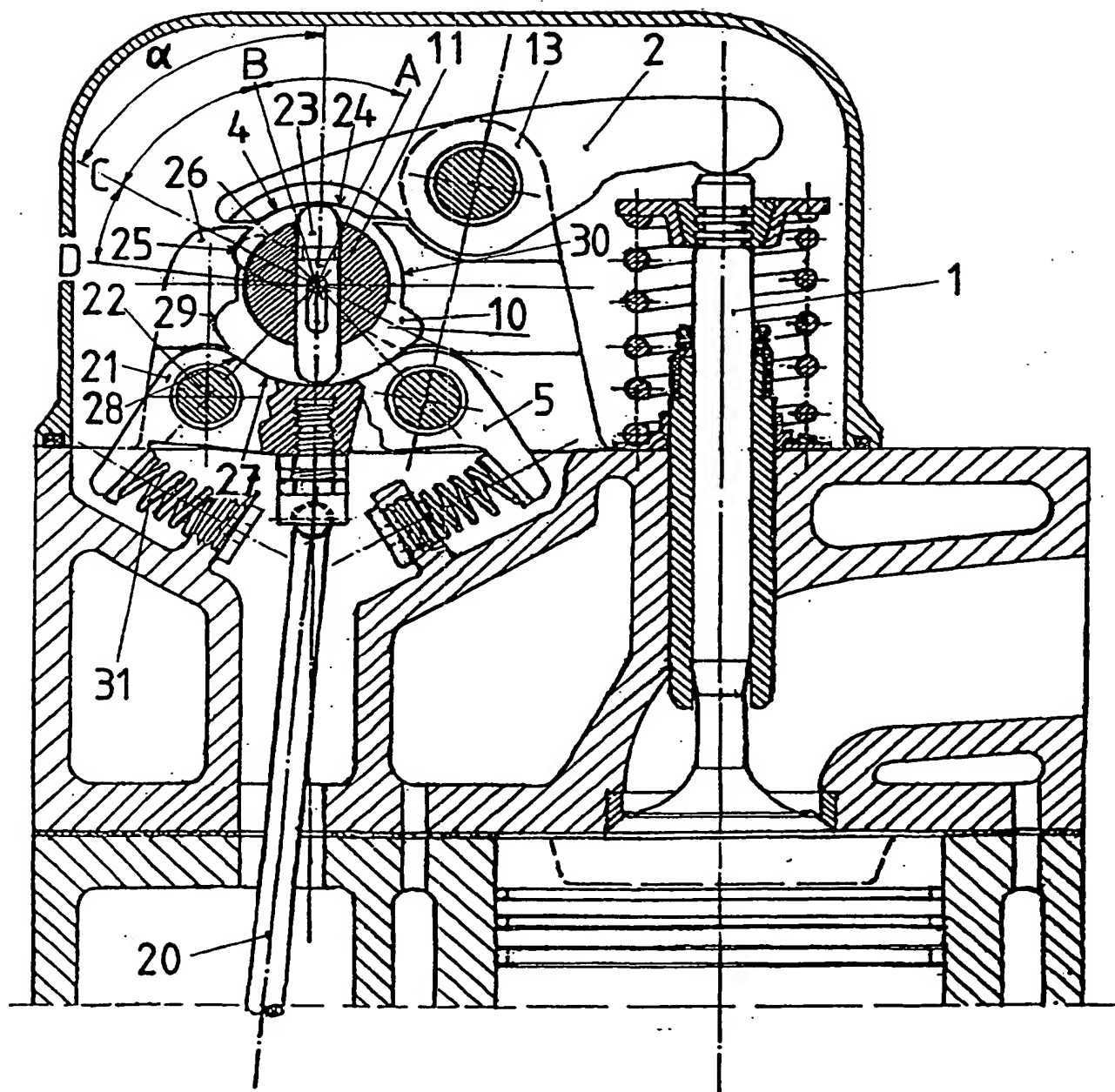


FIG. 3

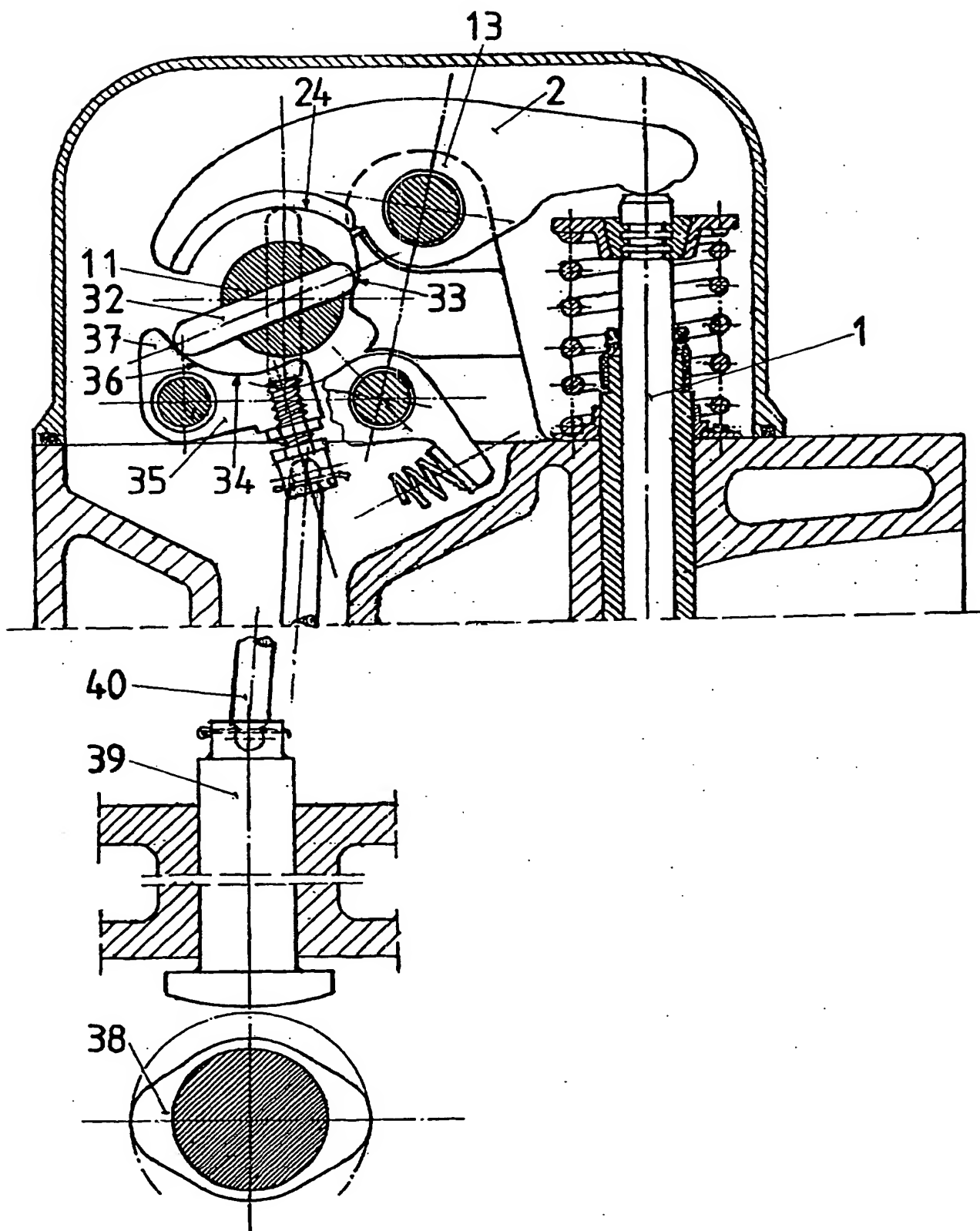


FIG.4

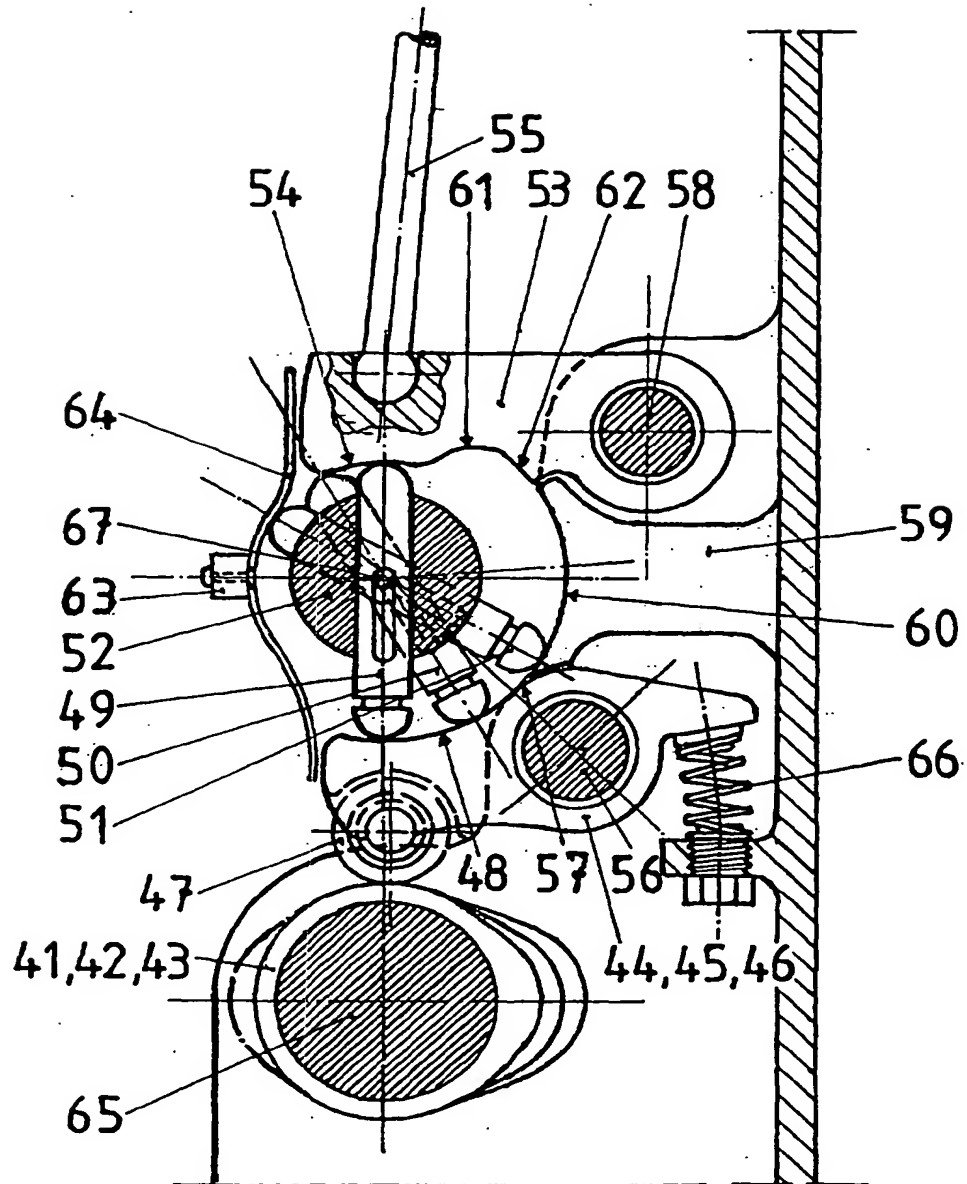


FIG.5

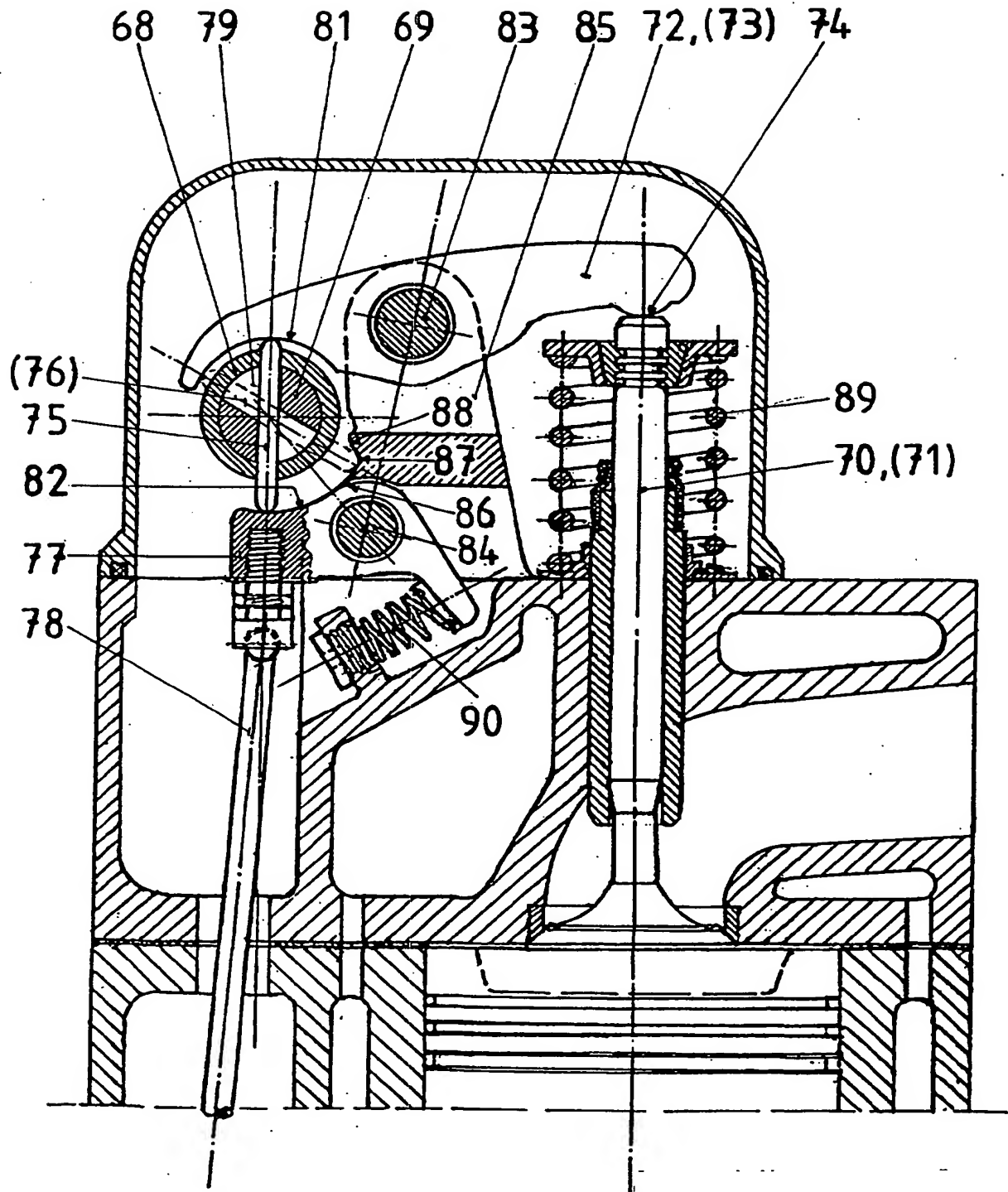
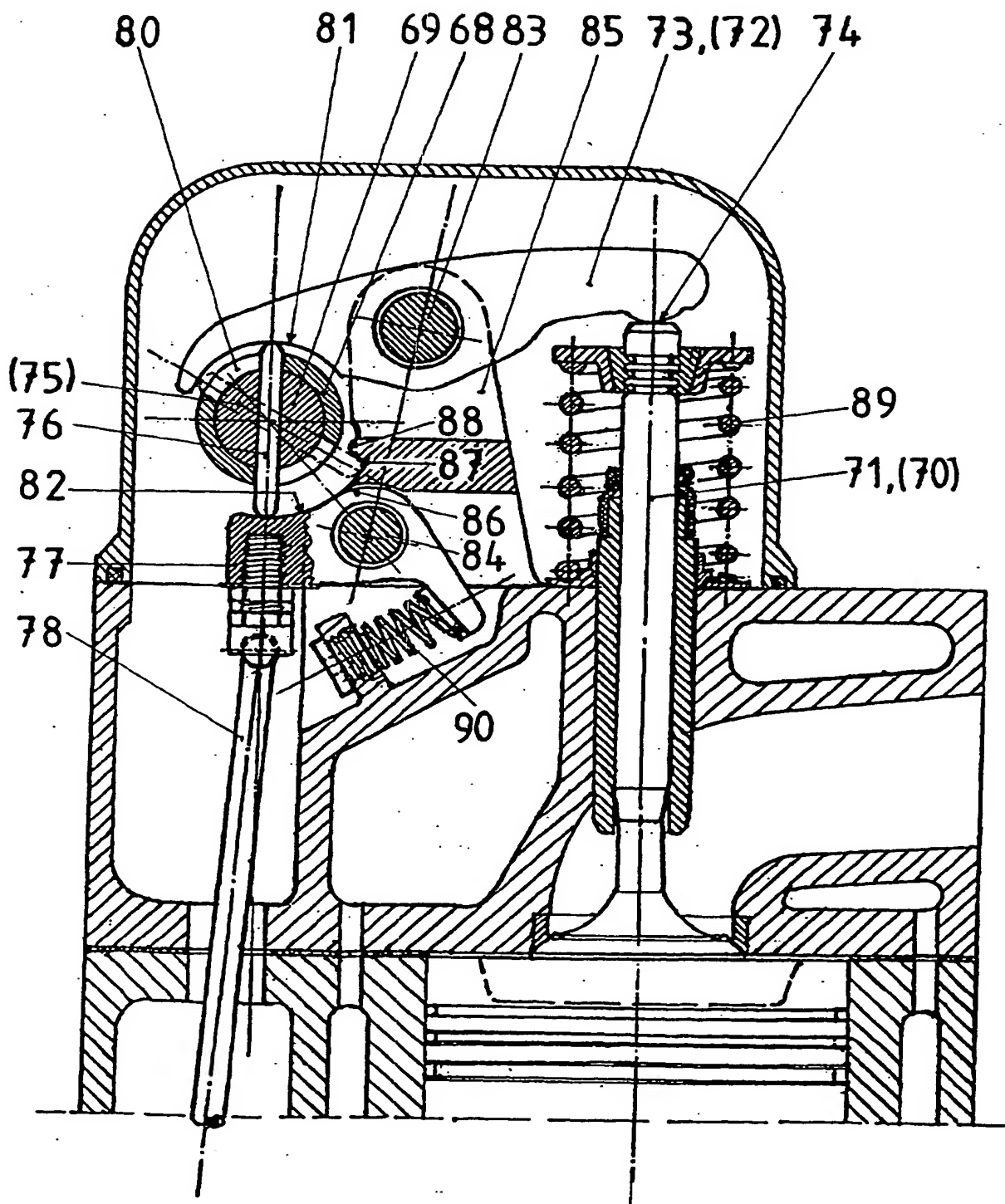


FIG.6



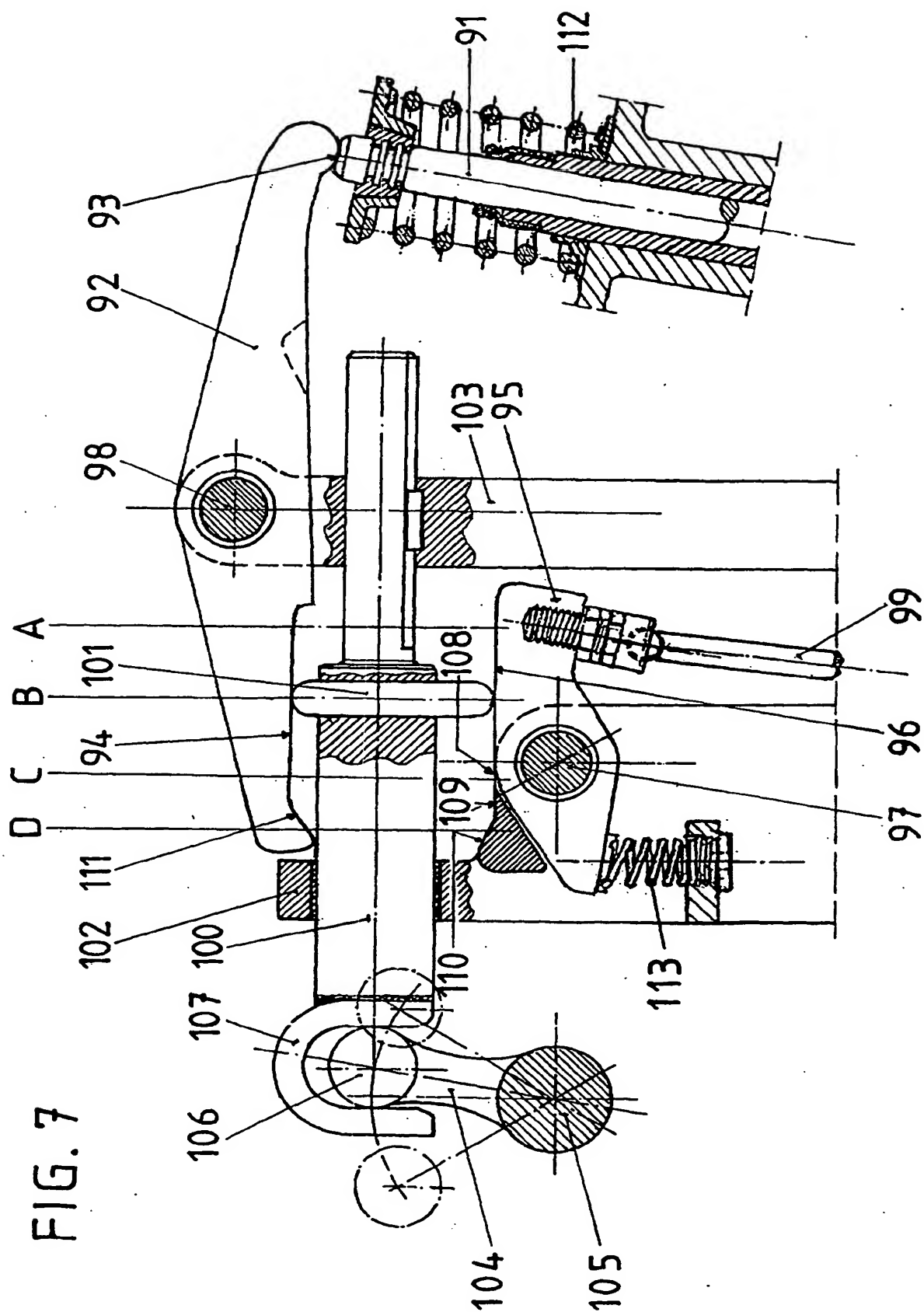


FIG. 8

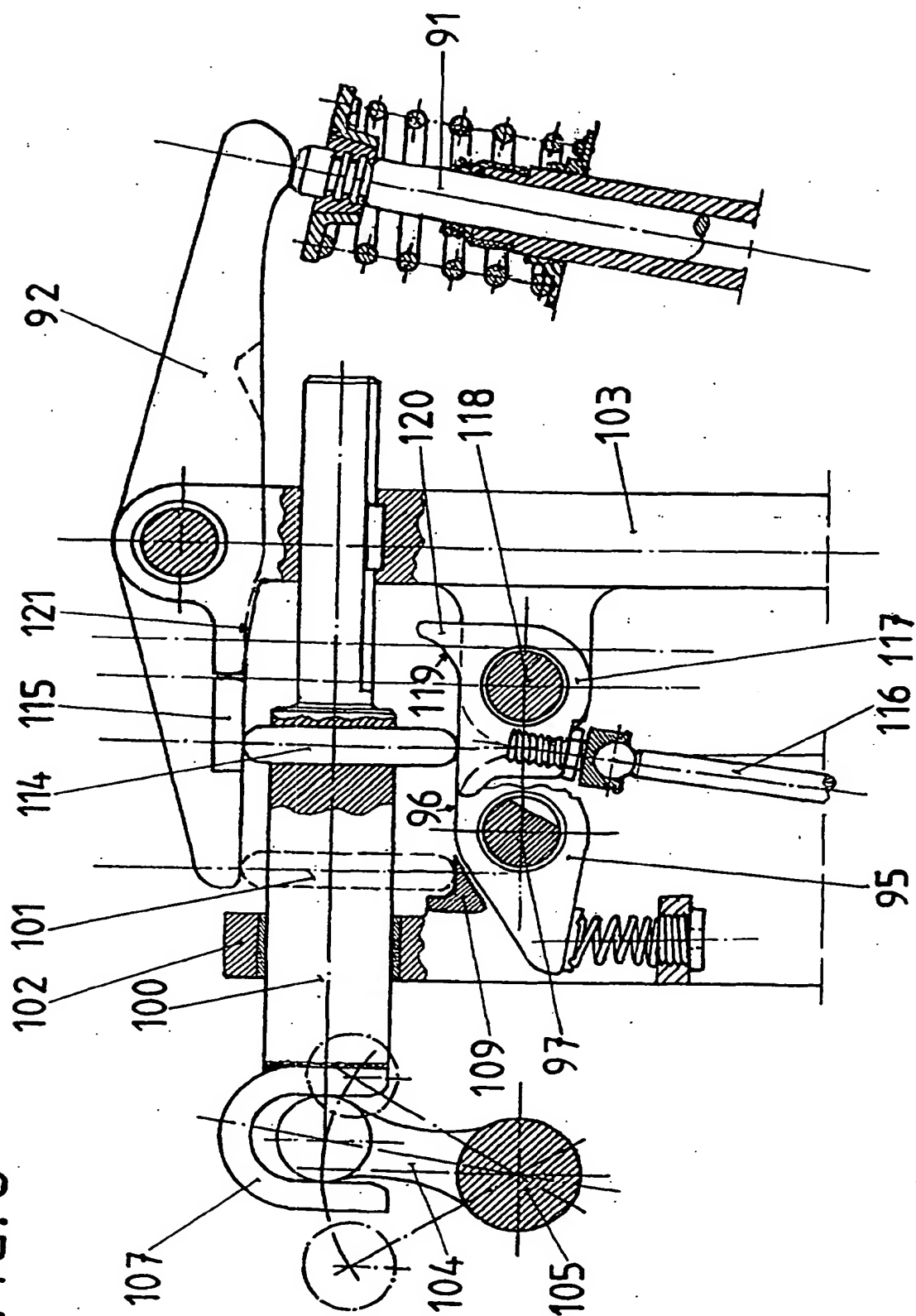


FIG. 9

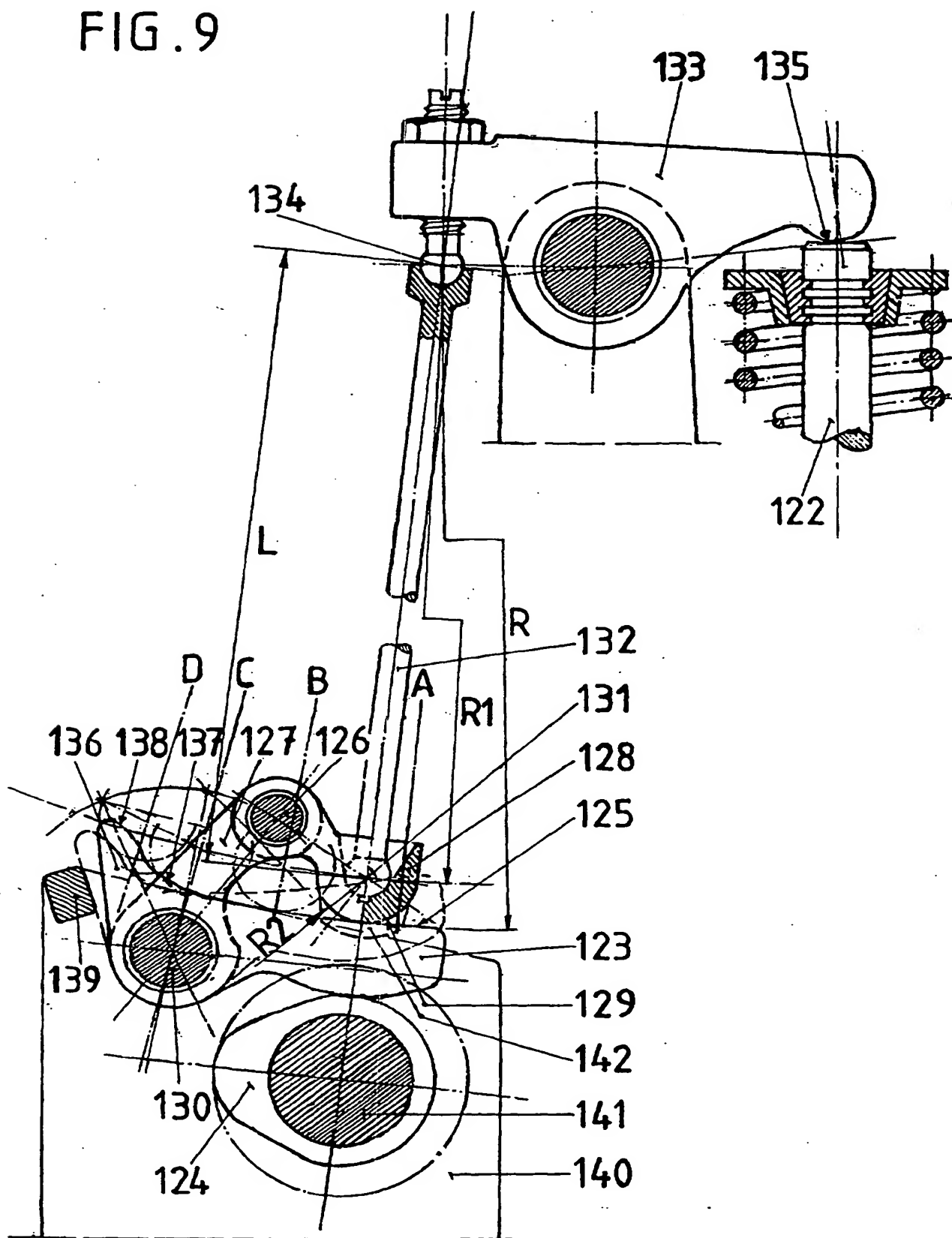


FIG. 10

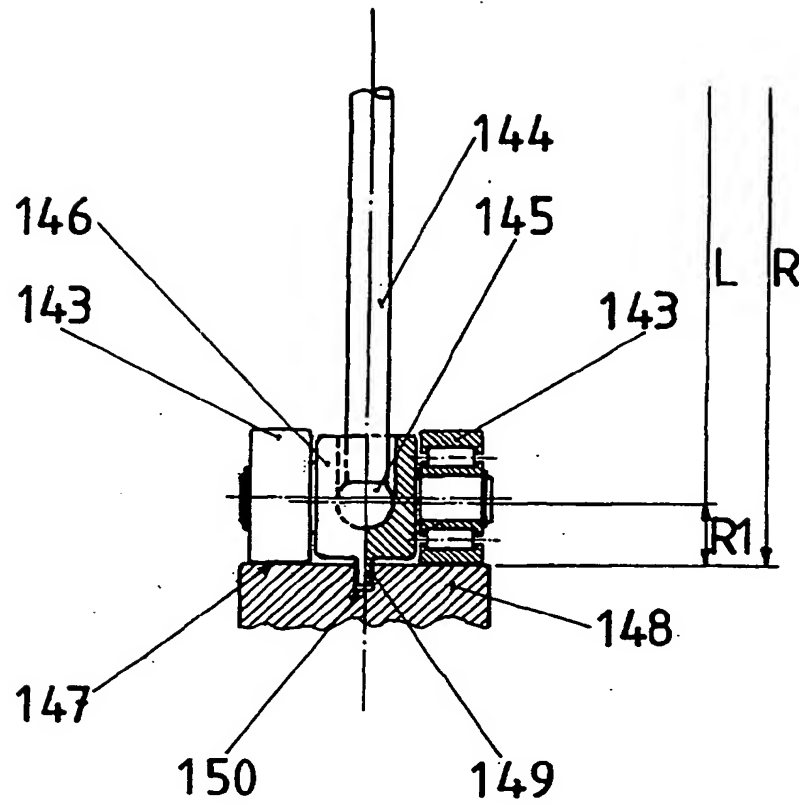


FIG. 11

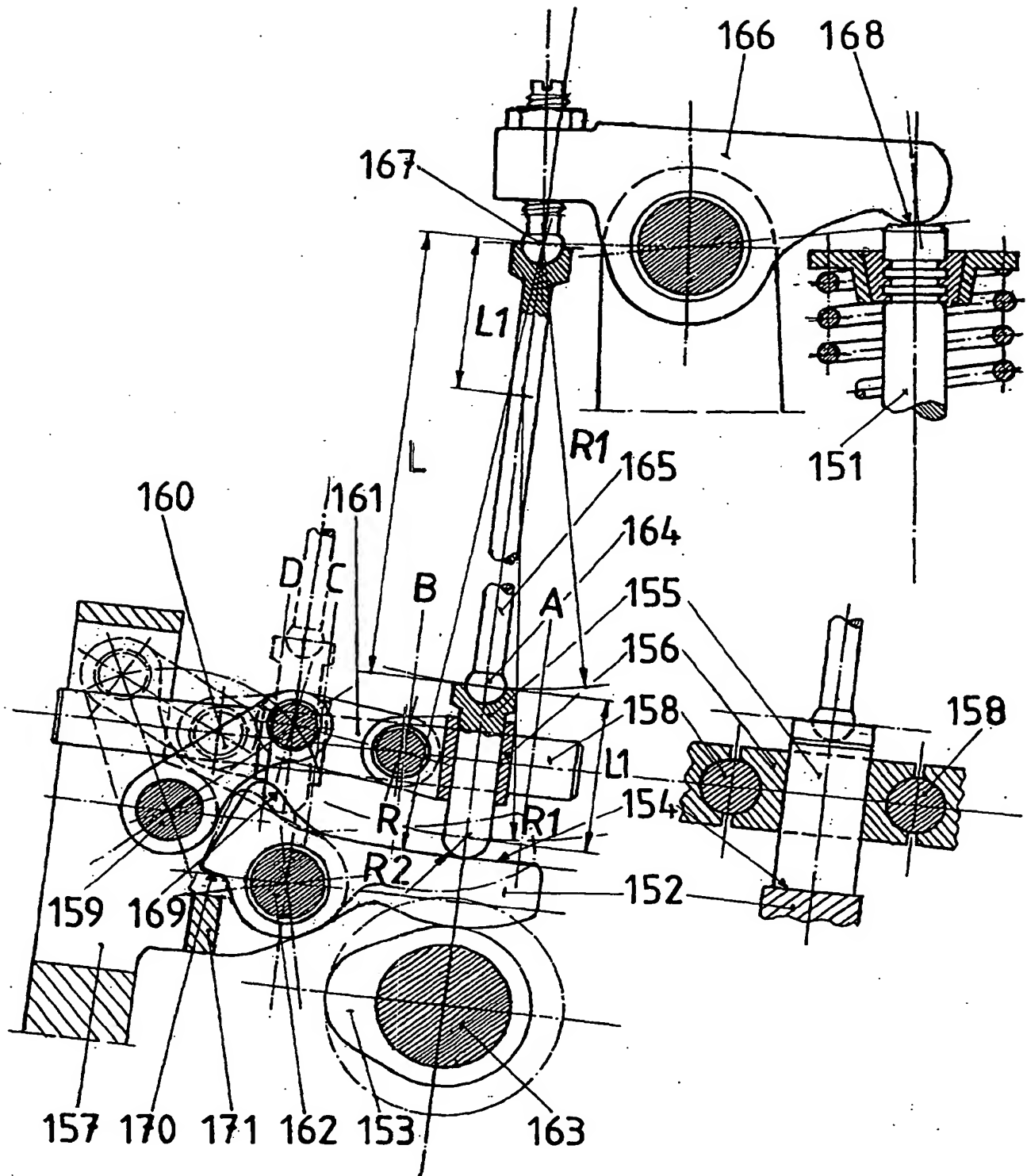


FIG.12

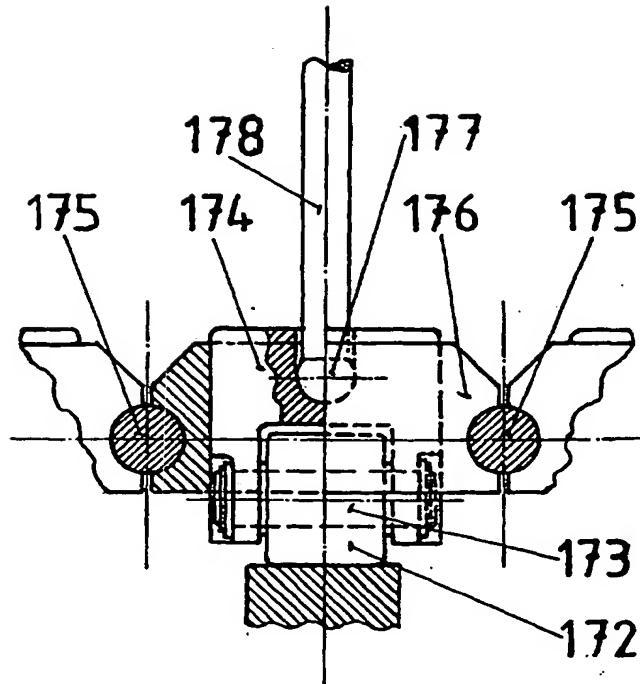


FIG.13

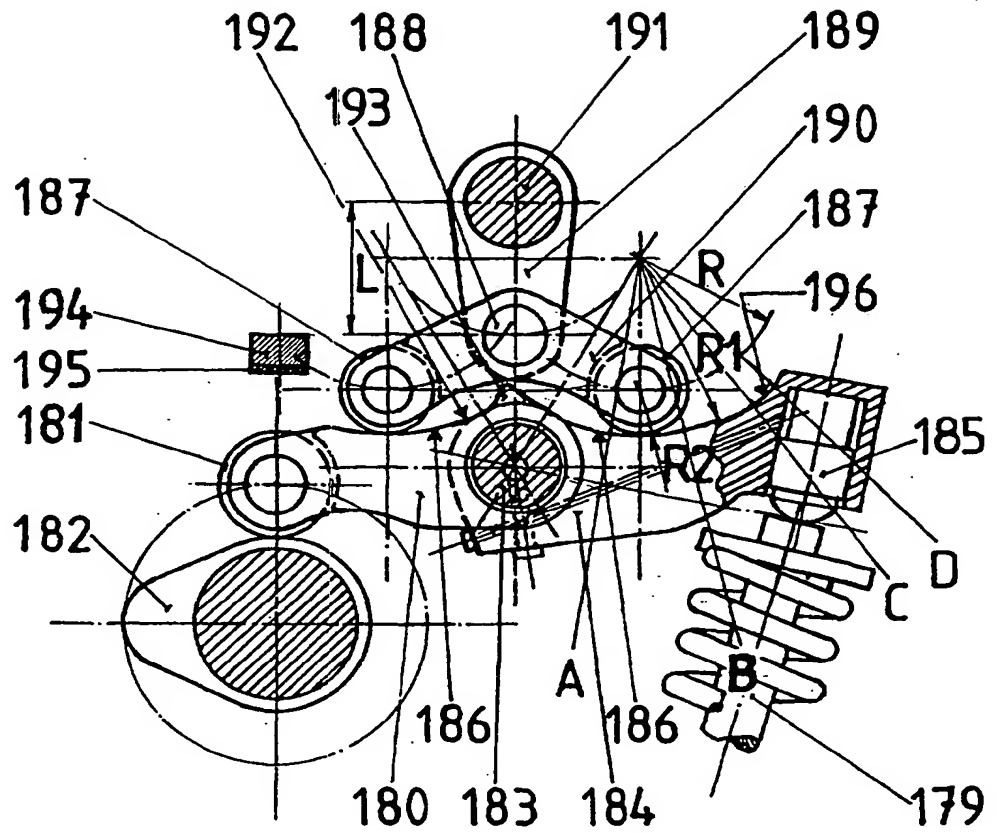


FIG.14

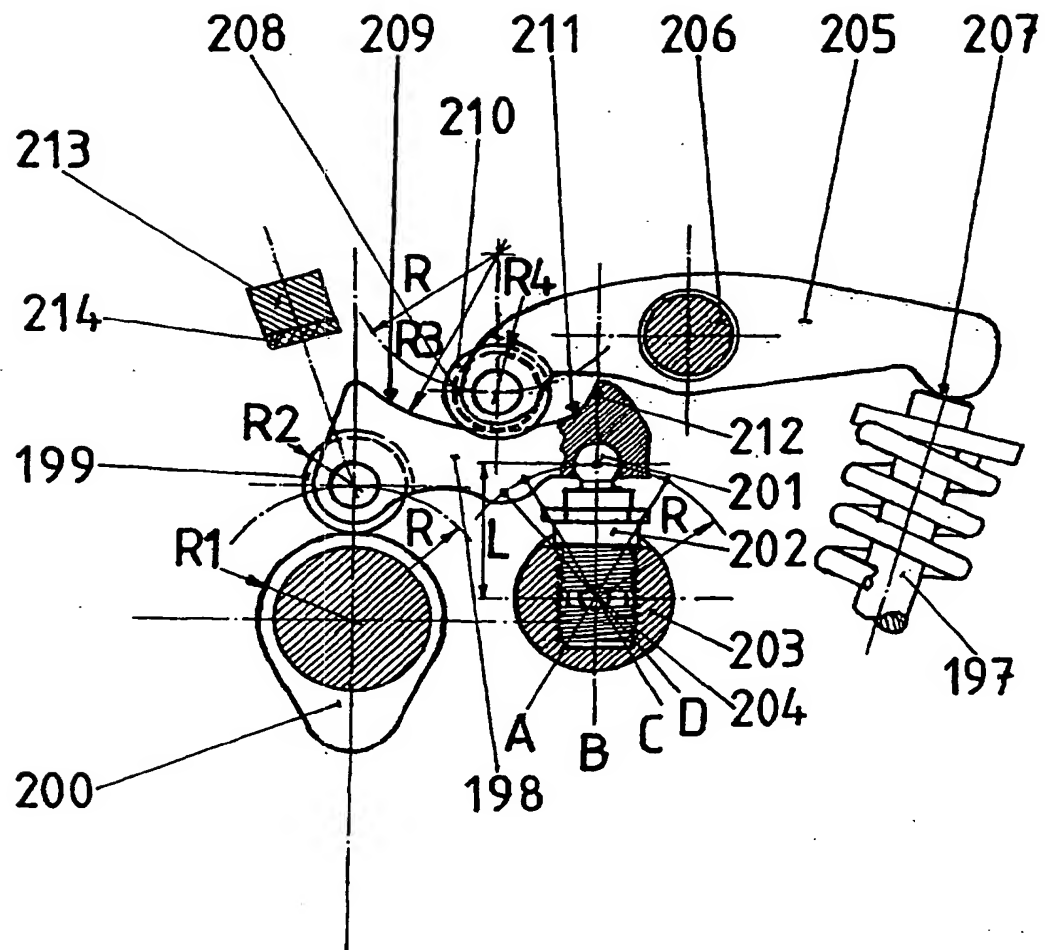


FIG.15

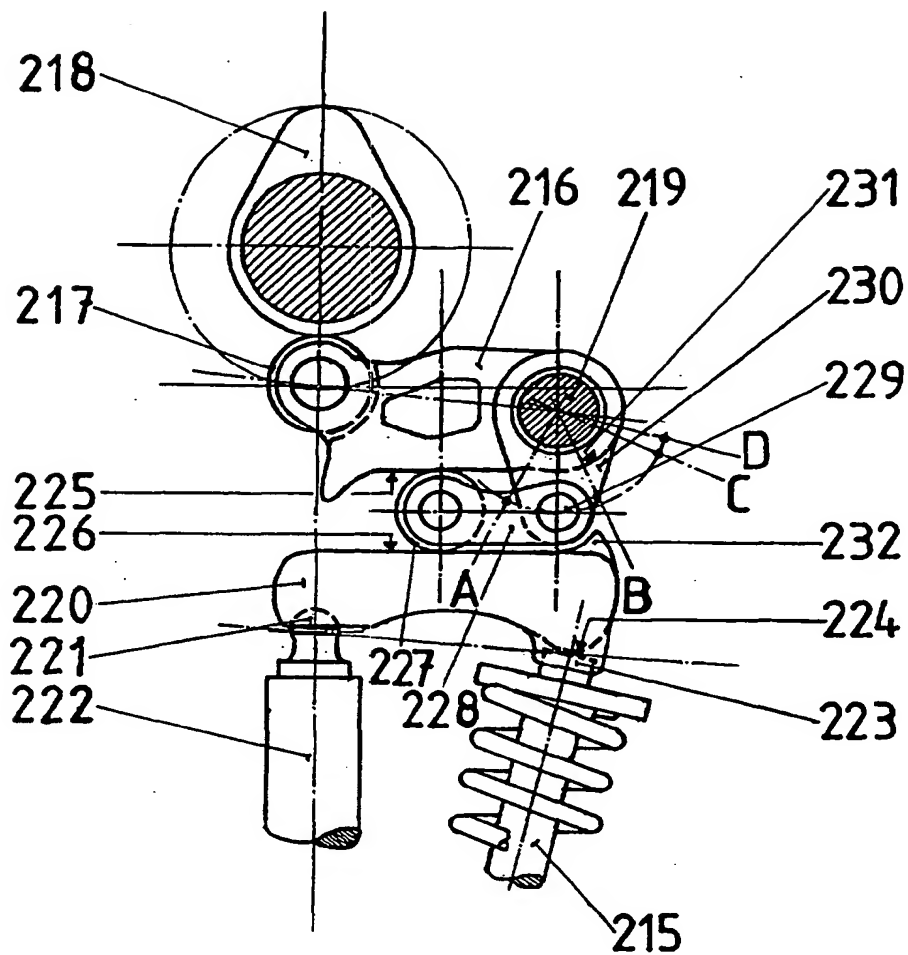


FIG.16

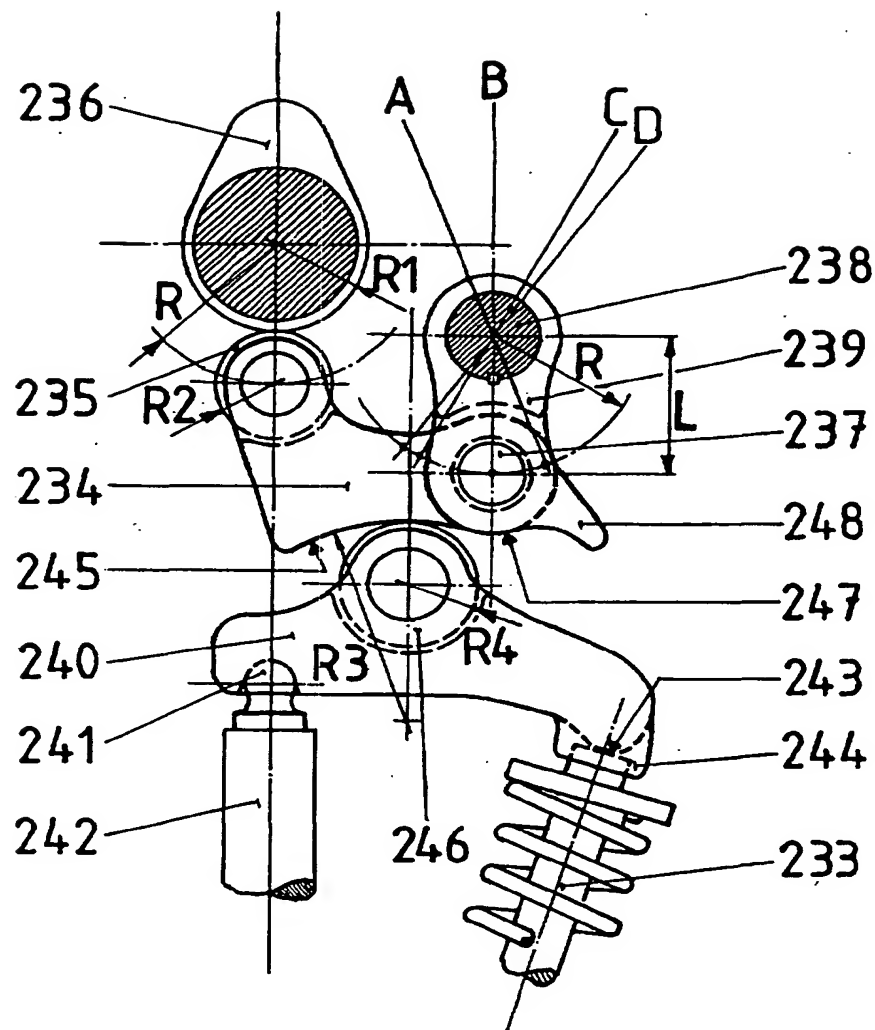


FIG.17

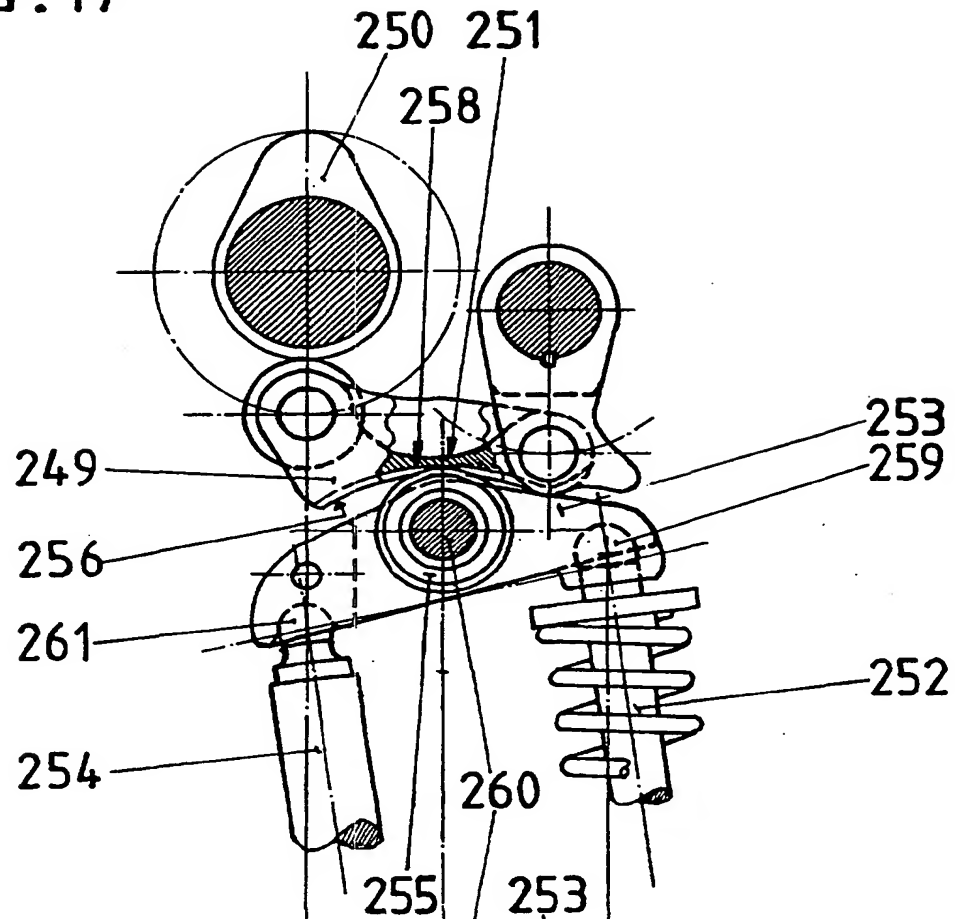


FIG.18

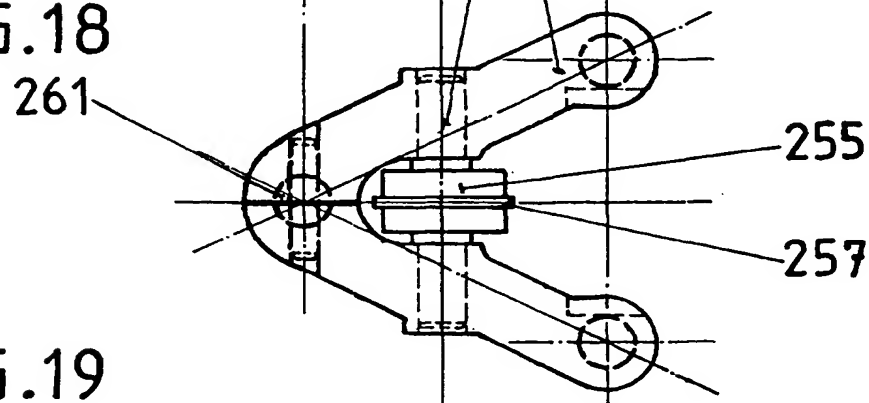


FIG.19

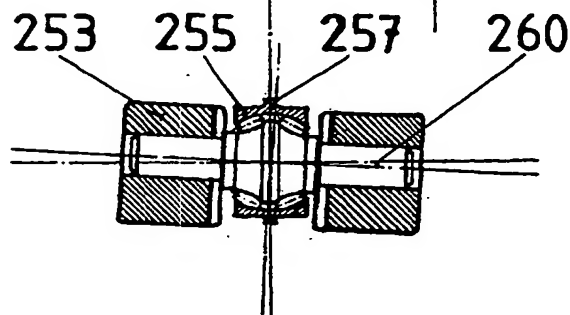


FIG.20

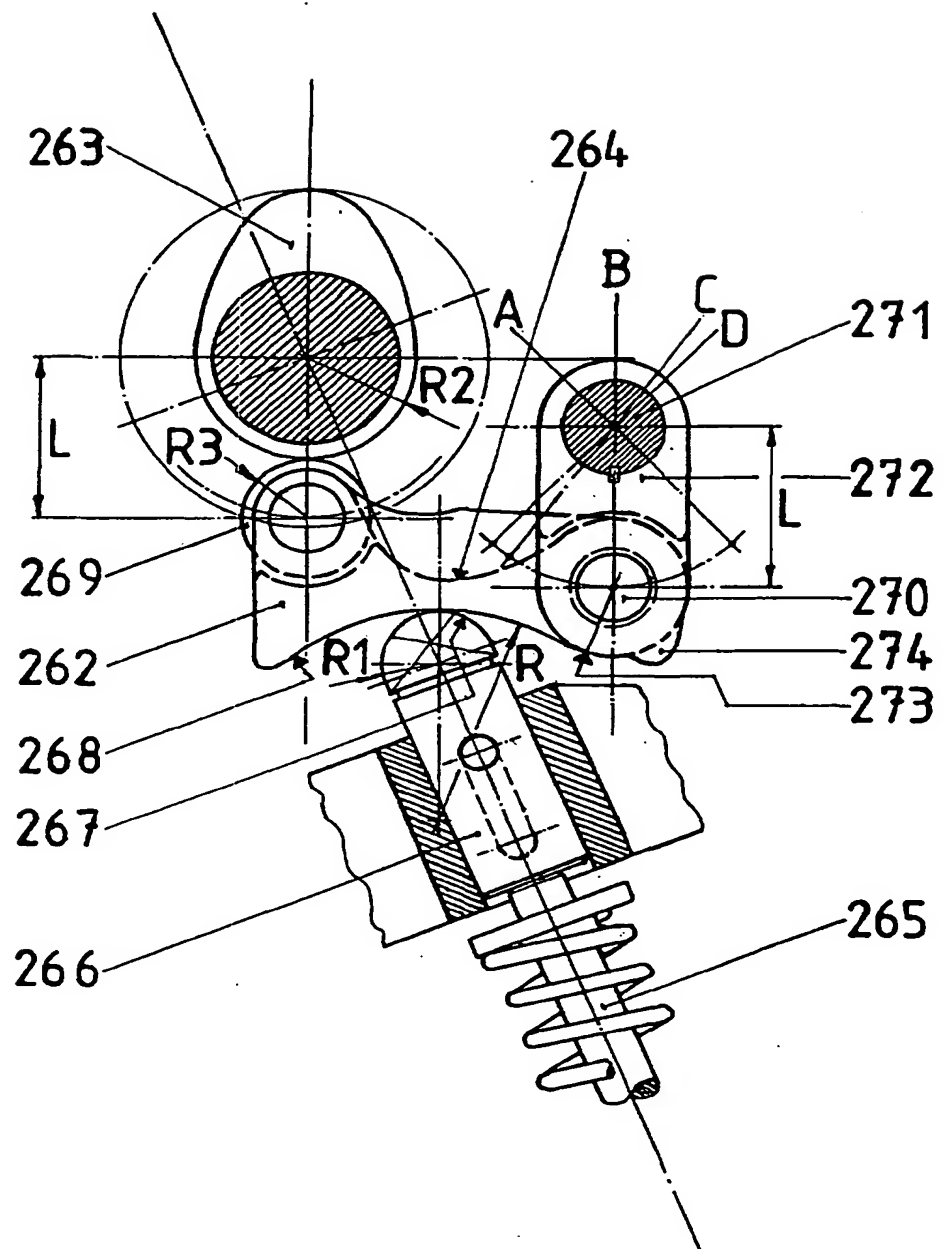


FIG. 21

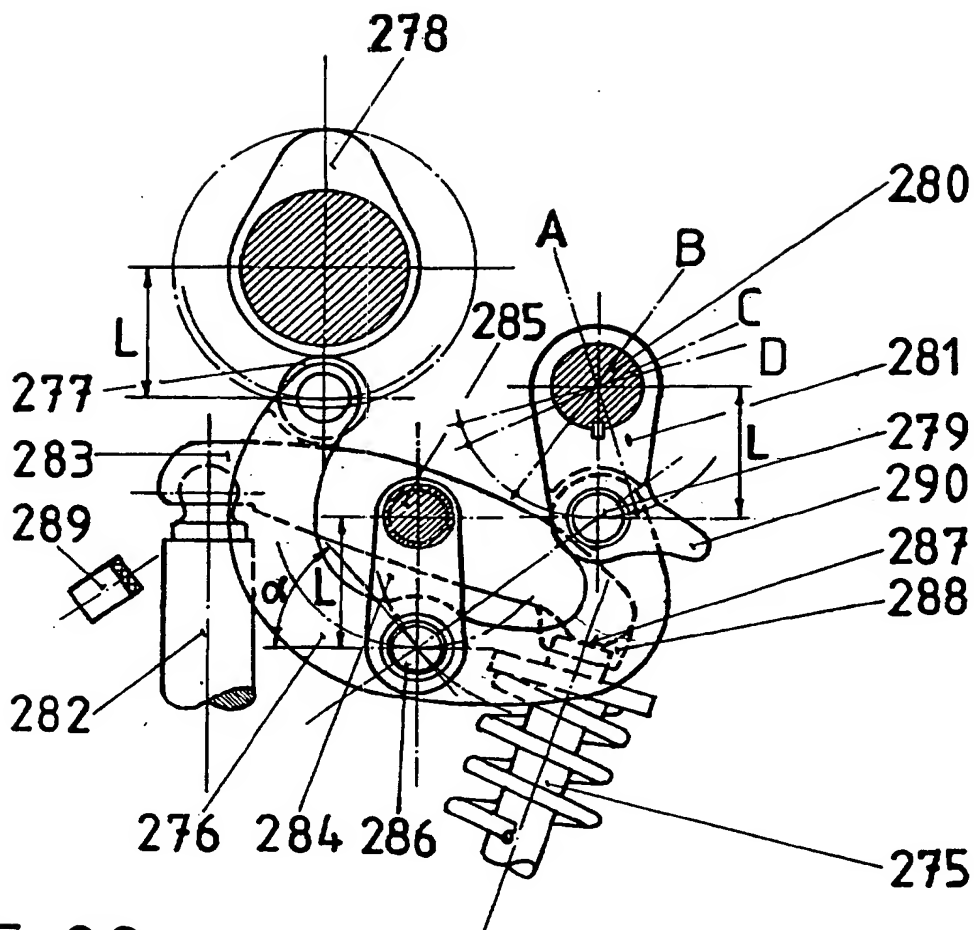


FIG. 22

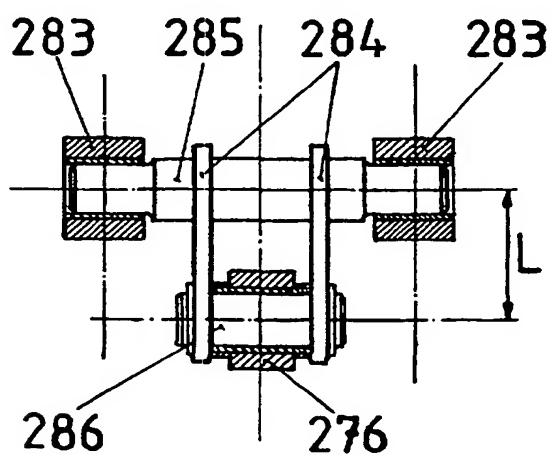


FIG. 23

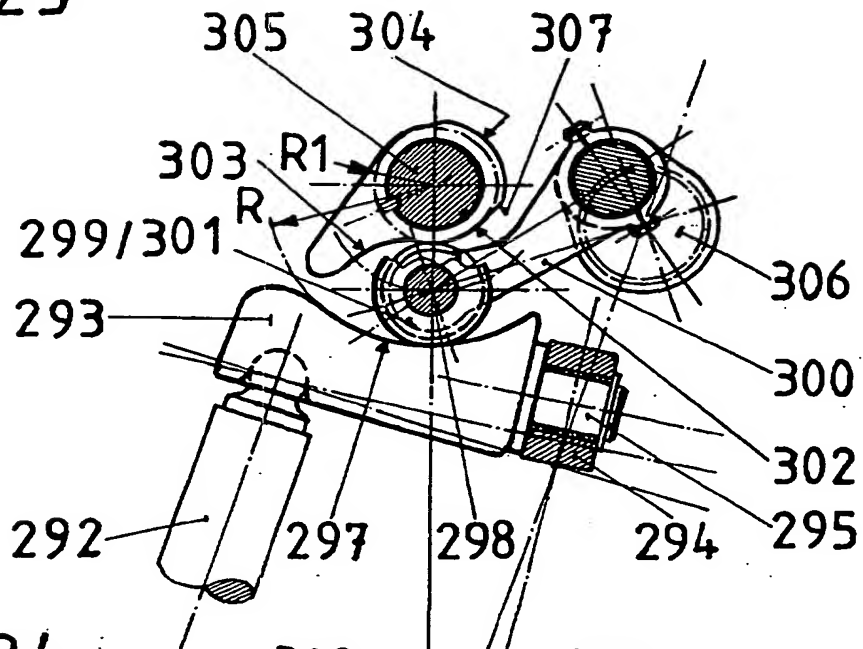


FIG. 24

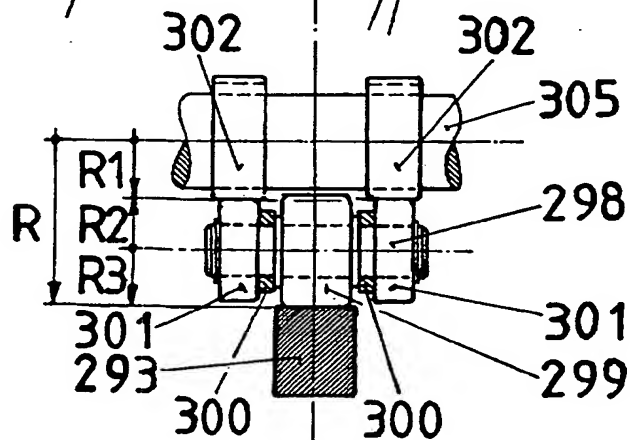


FIG. 25

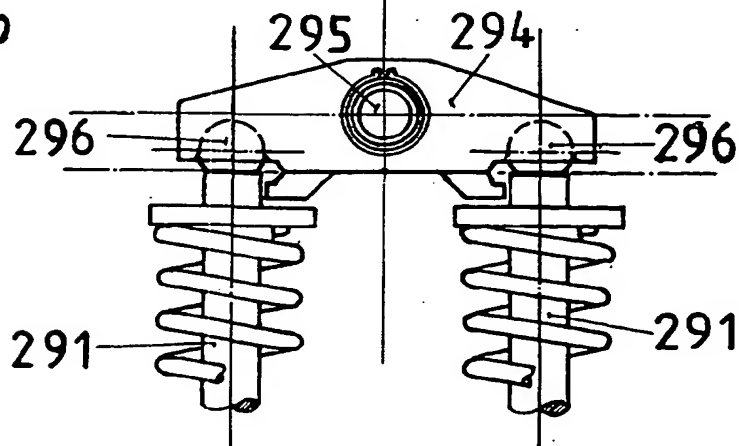


FIG. 26

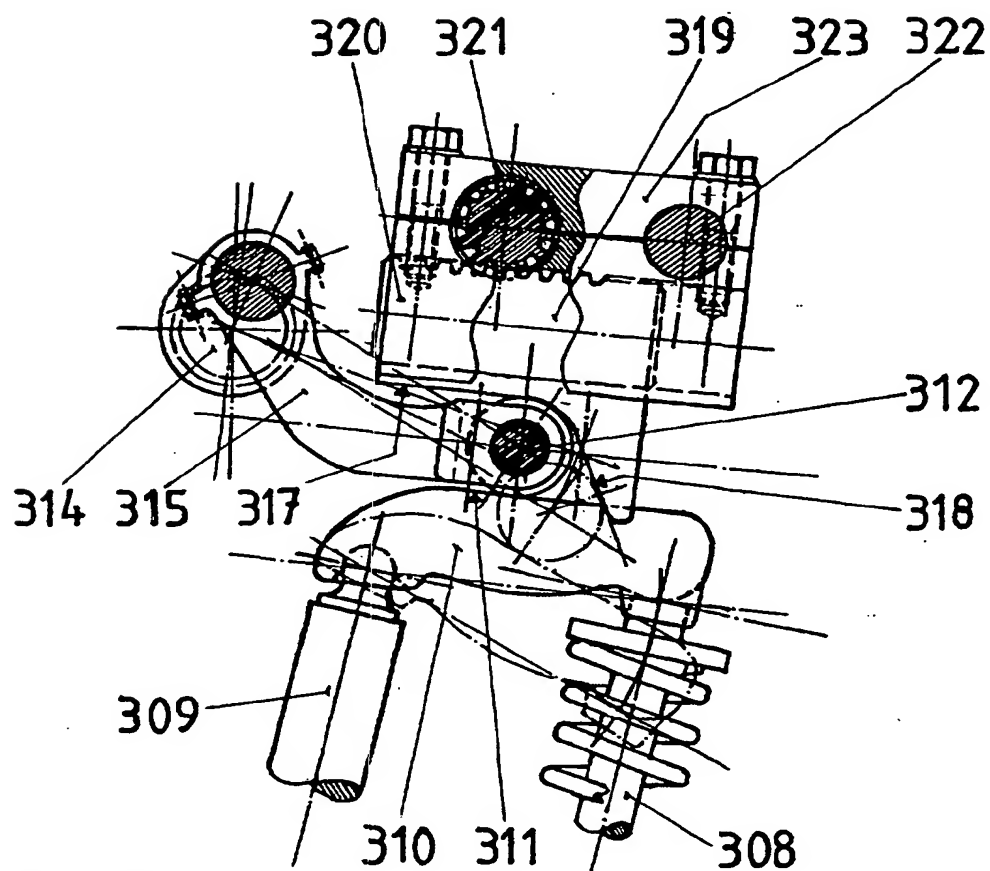


FIG. 27

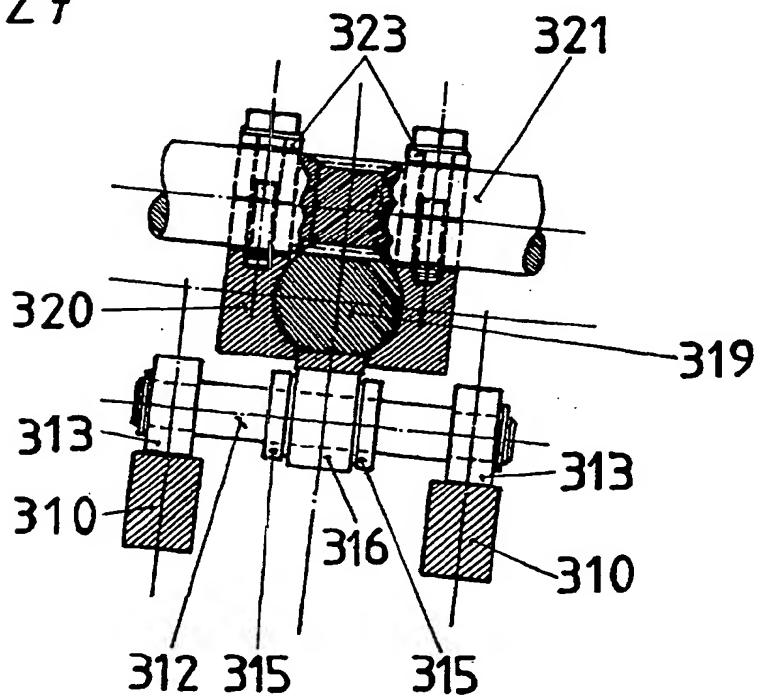


FIG. 28

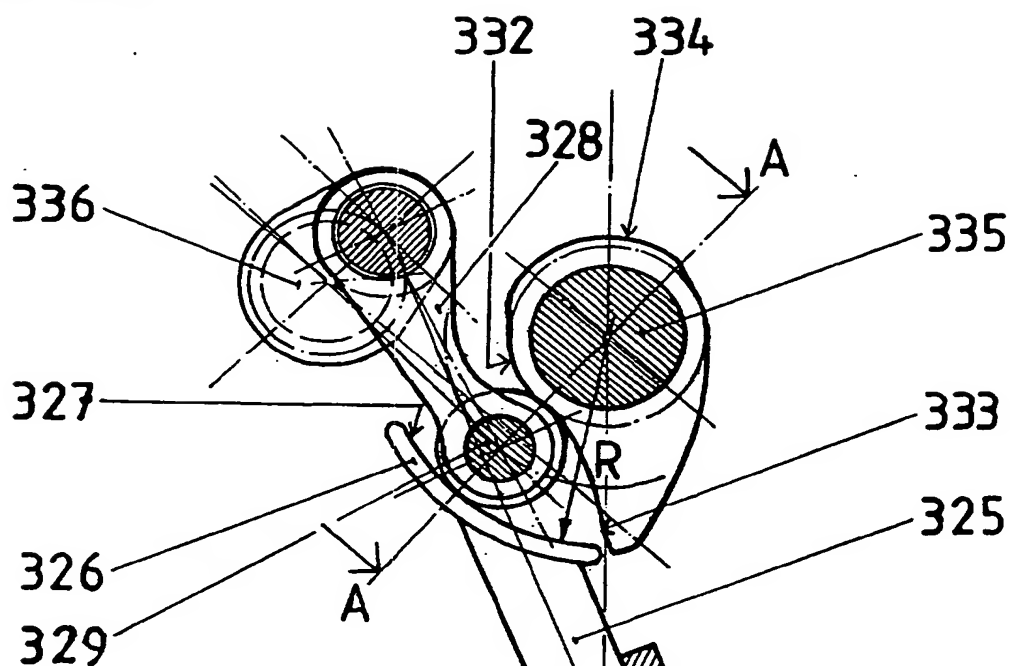


FIG. 29 Schnitt A-A

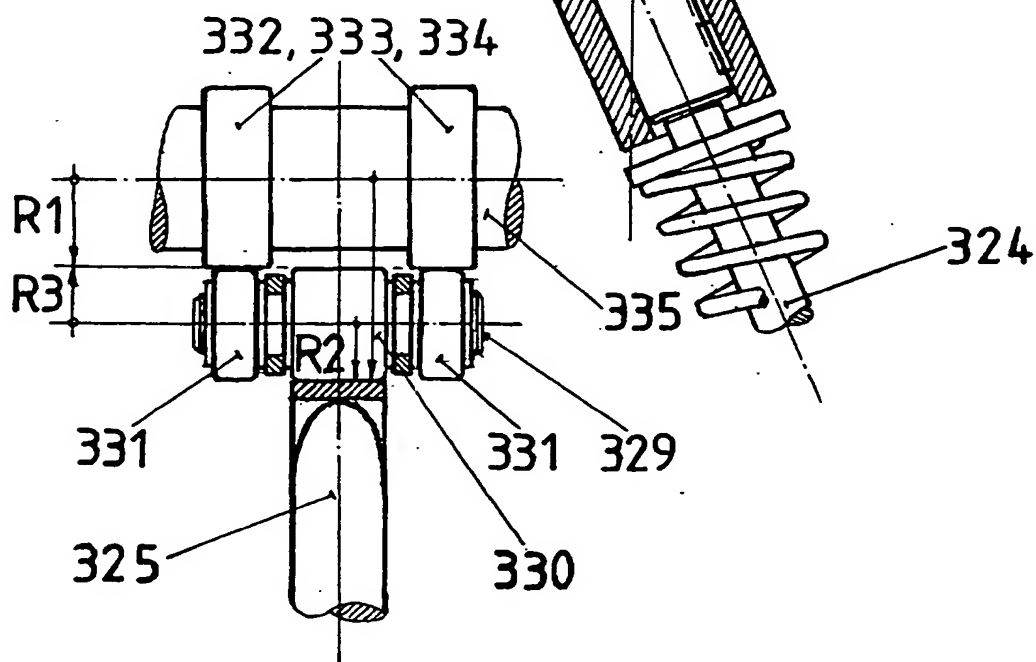


FIG. 30

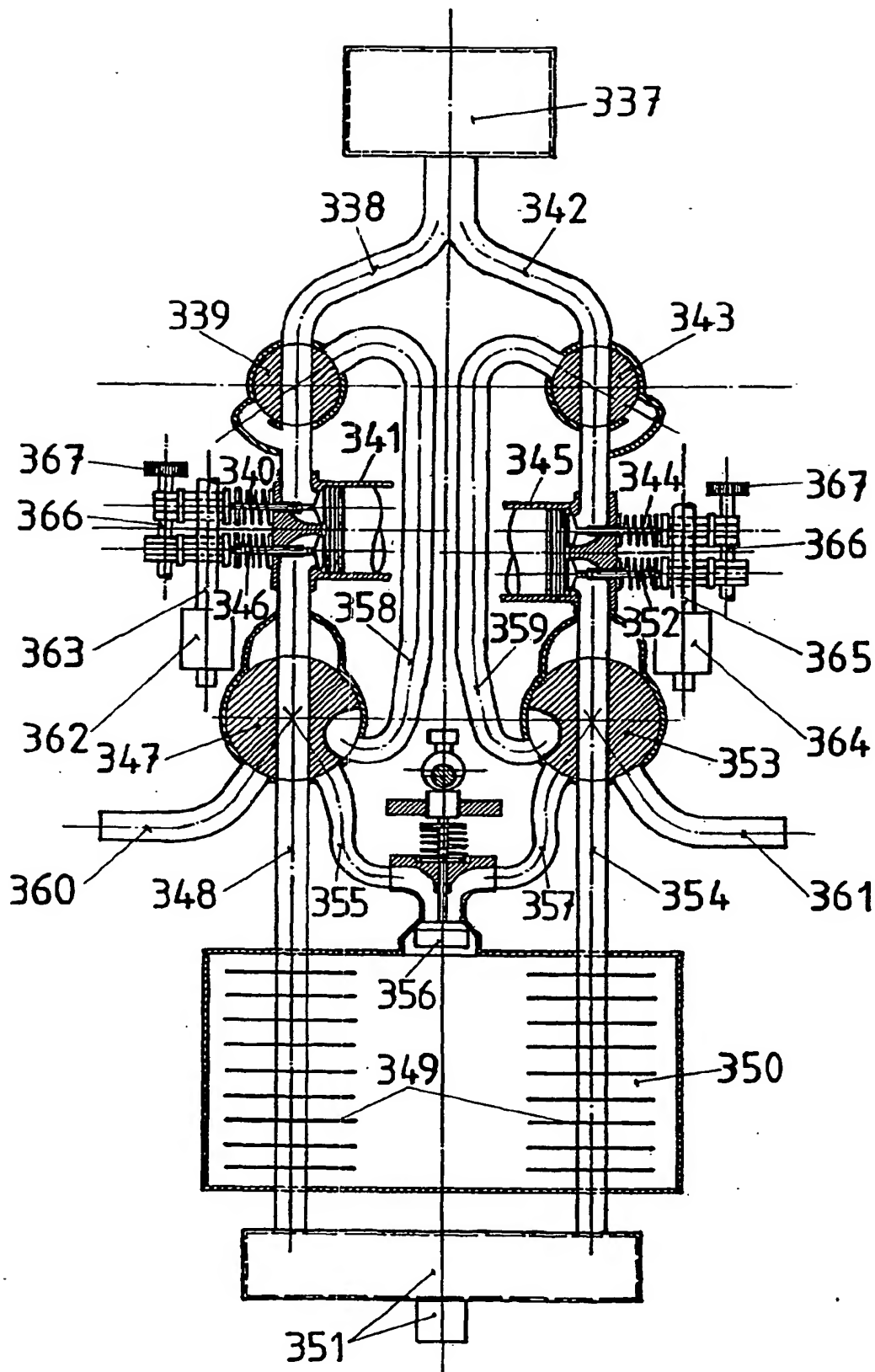


FIG. 31

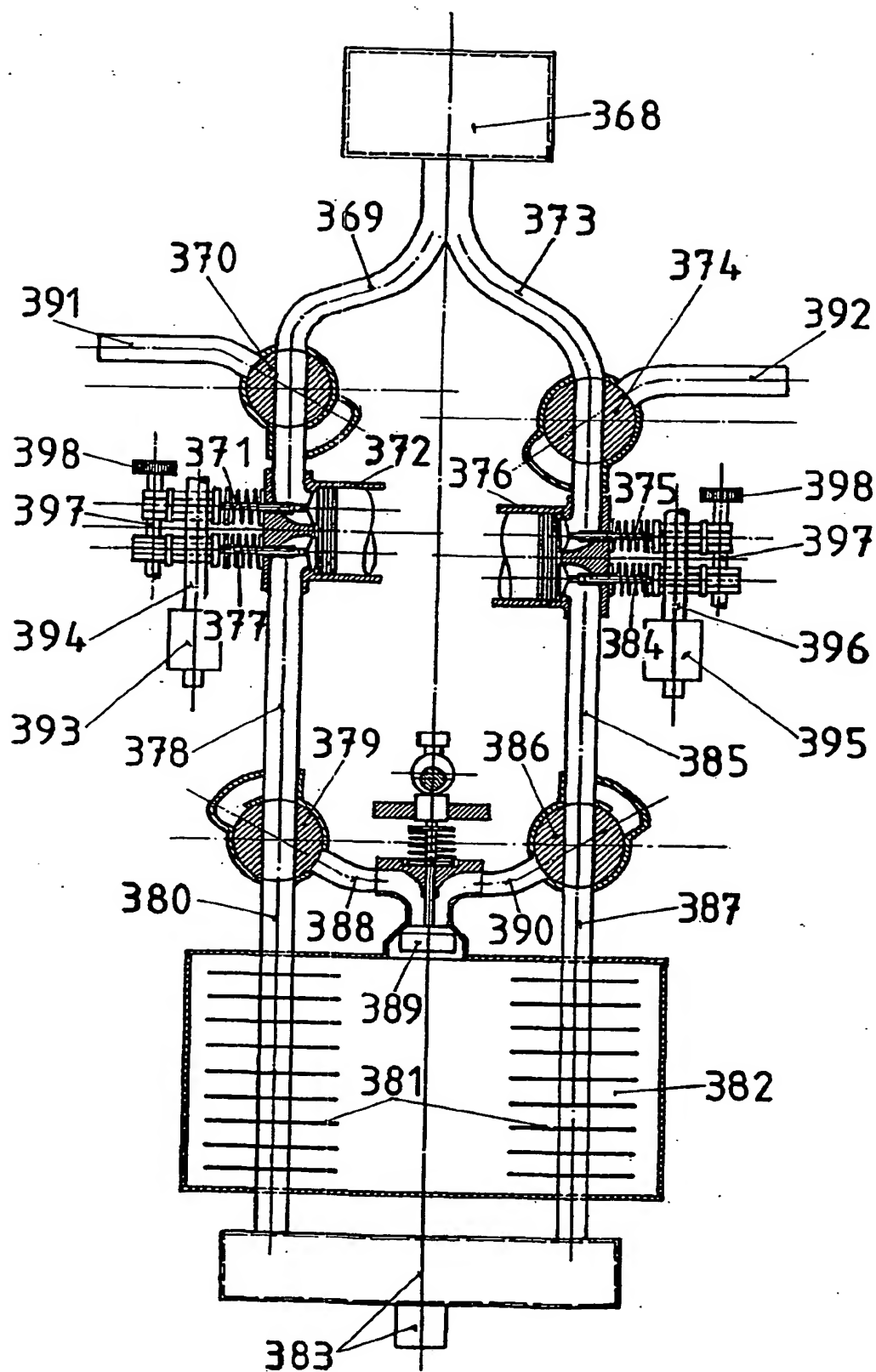


FIG. 32

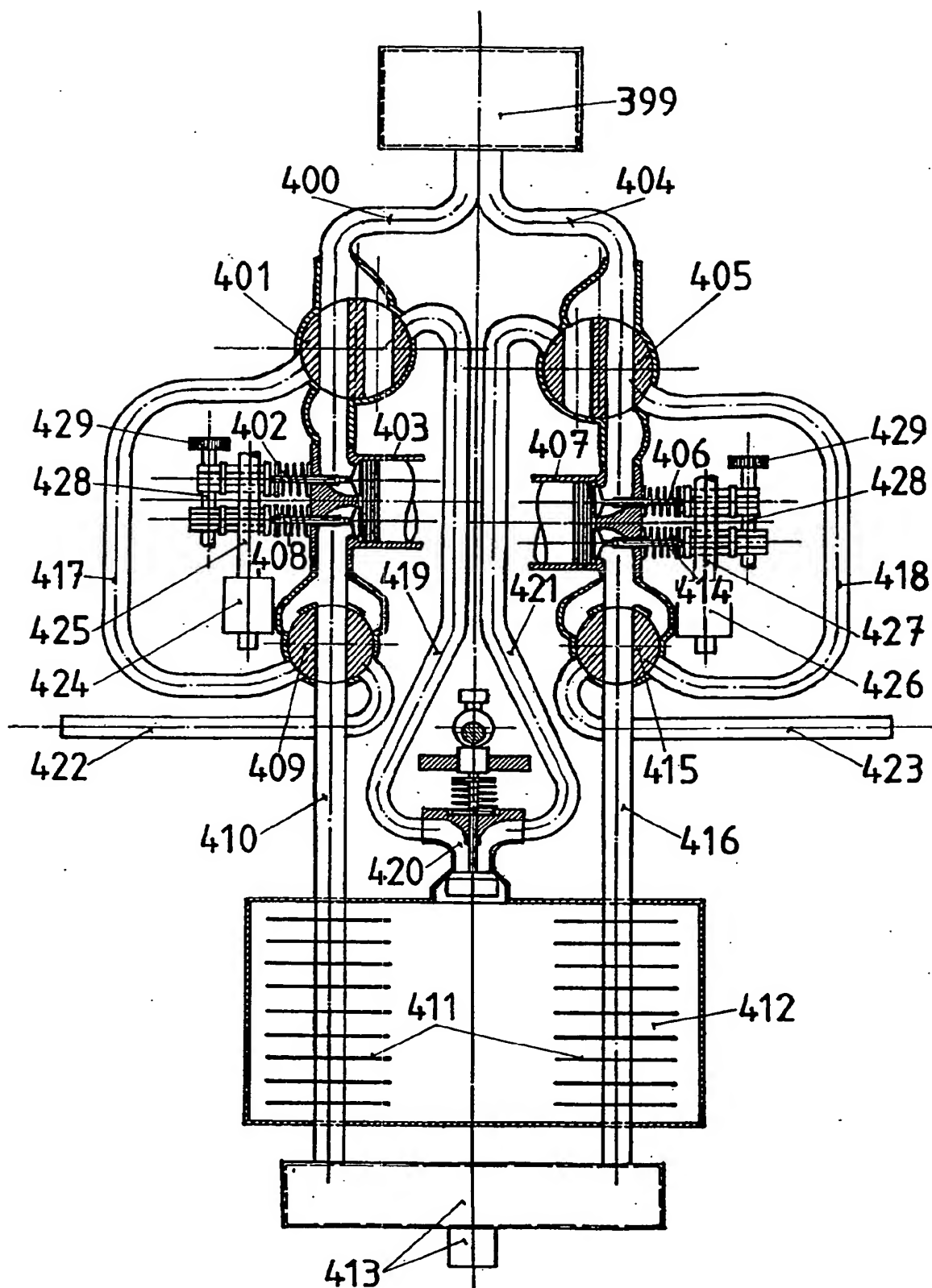


FIG. 33

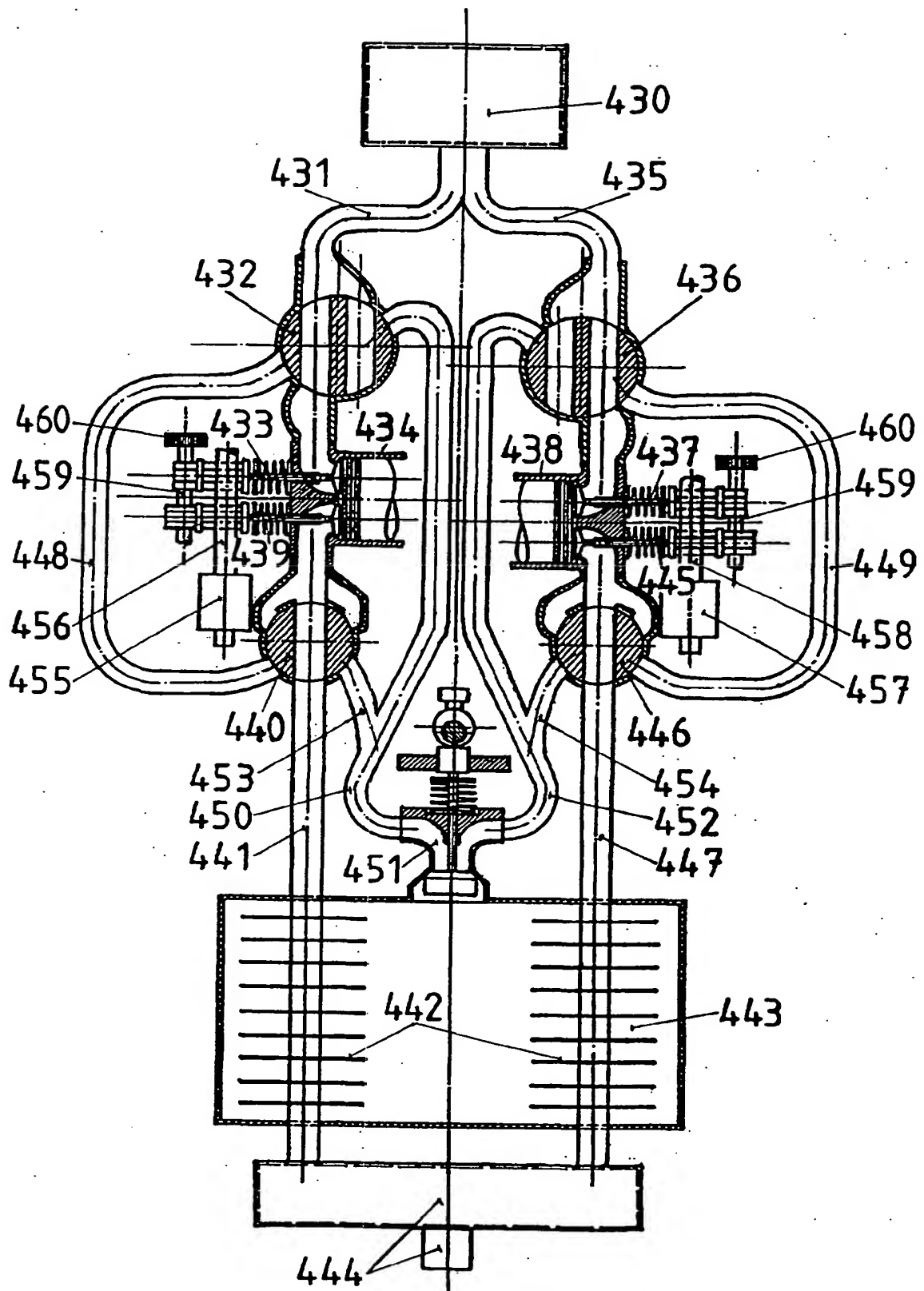


FIG. 34

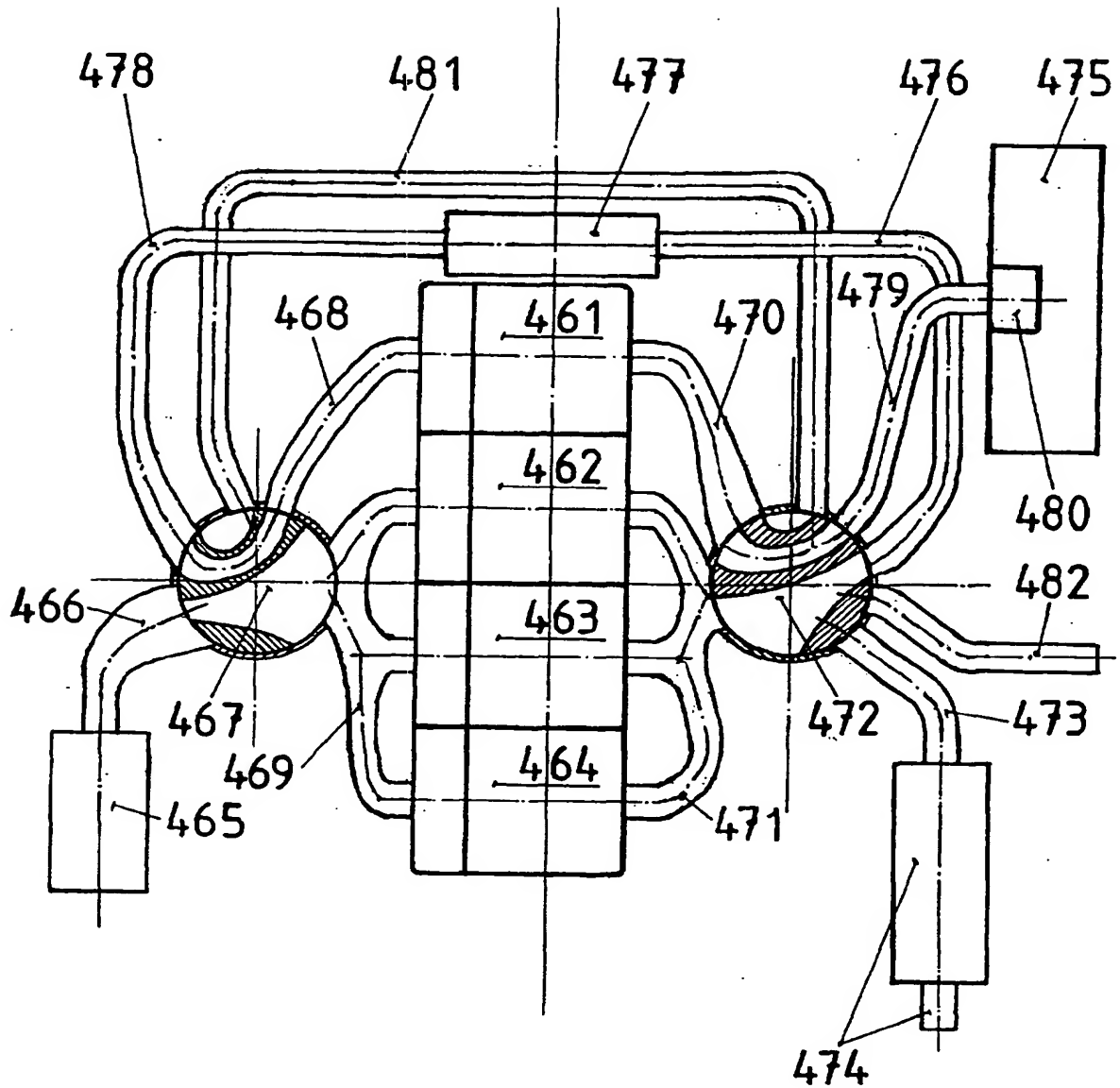


FIG. 35

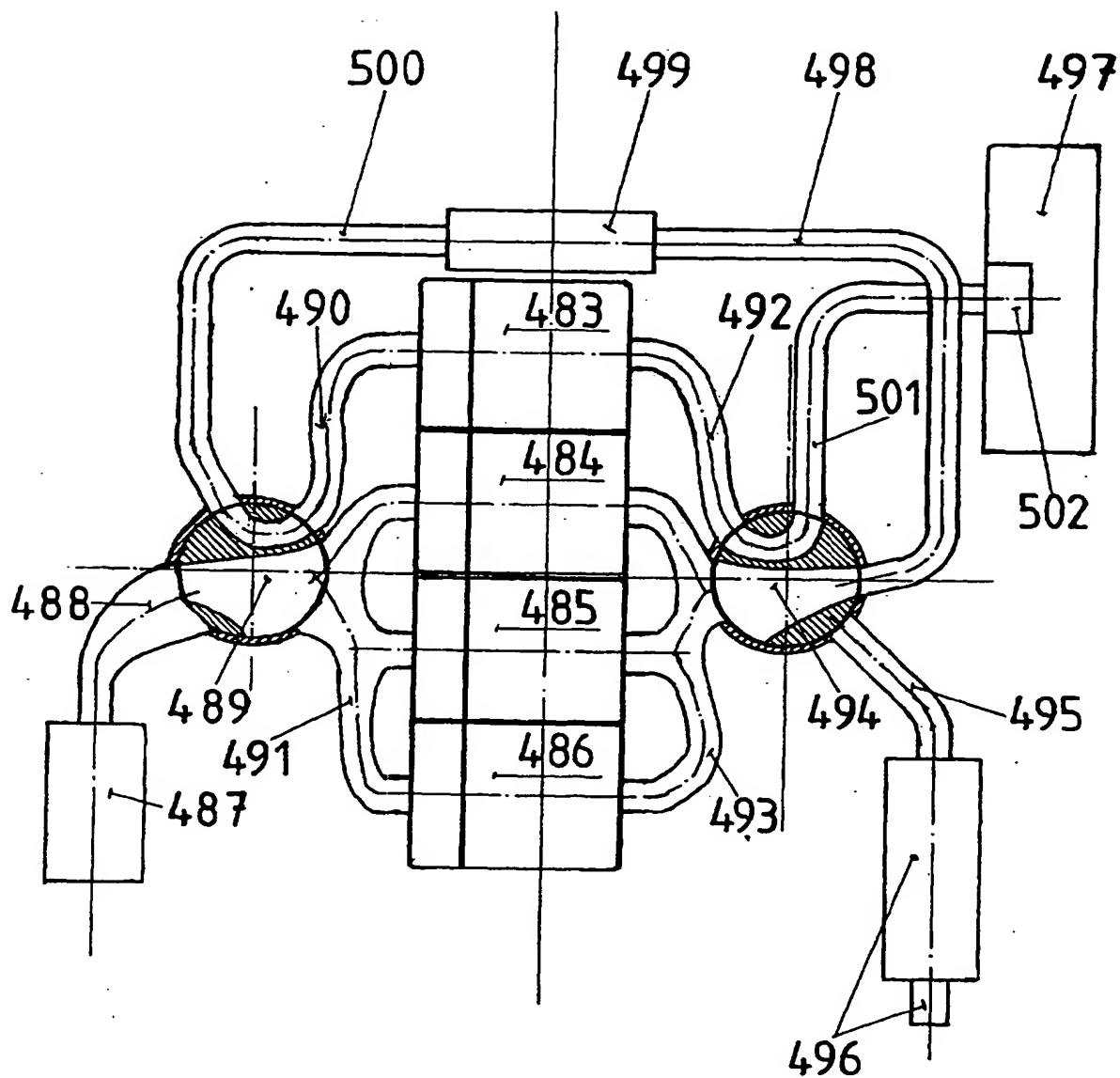


FIG.36

